

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

Unidad Azcapotzalco

Departamento de Sociología, Area-S. Rural

***Biotecnología y Revolución Verde:
Especificidades y Divergencias***

TESIS

que para obtener el grado de

LICENCIADO EN SOCIOLOGIA

p r e s e n t a:

Rosa Elvia Barajas Ochoa

Asesora: Mtra. Michelle Chauvet S.

México, D.F.

1992

A mis Padres,
por su cariño y sacrificios
que algún día espero recompensar.

A la memoria de mi muy
querida maestra y amiga:
Susana Zapien.

A "Biotecnología y Sociedad",
a mi pareja, maestros y amigos,
por su sabiduría que a lo largo de
estos intensos años alimentó mi espíritu.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
ESTRATEGIAS DE DESARROLLO RURAL	12
1. Modernización agrícola impulsada a partir de los años cuarenta	13
2. El proyecto neoliberal en la agricultura	17
2.1 Perspectivas de la biotecnología dentro del esquema modernizador salinista	22
CAPITULO II	
REVOLUCION VERDE: ORIGEN, PARTICULARIDADES Y CONSECUENCIAS	
1. Contexto internacional	25
2. La experiencia mexicana.	31
2.1 Semillas mejoradas	35
2.2 Algunas implicaciones	39
2.3 Plan Puebla	42
CAPITULO III	
LA BIOTECNOLOGIA EN LA AGRICULTURA	
1. Breve historia de la biotecnología: Definición, desarrollo y aplicaciones	56
2. Biotecnología Vegetal	66
3. La biotecnología en los países desarrollados: Algunas estrategias de desarrollo	72
4. Biotecnología en América Latina, ¿carrera contra reloj y/o con obstáculos?	76
5. Biotecnología vegetal en México	
5.1 Historia del despegue	79
5.2 Actores en el escenario biotecnológico	83
5.3 Perspectivas	101

CAPITULO IV
BIOTECNOLOGIA Y REVOLUCION VERDE
Especificidades y Divergencias

1.	El rostro humano de la biotecnología frente a la R.V.	103
1.1	Transformaciones tecnológicas	104
2.	Promesas vs. realidades	115
2.1	Biotecnología en granos básicos	116
2.2	Requerimientos de fuerza de trabajo	119
2.3	Biodiversidad	125
3.	Amenazas de la biotecnología, ¿ventajas de la R.V.?	133
3.1	Configuración en la división internacional del trabajo	135
3.2	El papel de las transnacionales	141
3.3	Grado de socialización del conocimiento	154
3.4	Relación agricultura-industria	164
3.5	Respuesta de la población ante nuevas tecnologías	165
	CONCLUSIONES	168
	BIBLIOGRAFIA	180

INTRODUCCION

Desde los albores de la agricultura, el hombre se ha valido de la tecnología a fin de modificar y controlar en uno u otro grado los fenómenos naturales. Este dominio se ha potenciado con las diferentes revoluciones tecnológicas que han encontrado su sustento en el desarrollo científico.

Durante mucho tiempo imperó la concepción positivista que presentaba a la ciencia como un simple compendio, generadora de observaciones reales y posibles, carente de cualquier carácter normativo (Berlín,1983:17). Esa supuesta neutralidad de la ciencia y la tecnología permitía domeñar a la naturaleza sin que los operadores asumieran ninguna responsabilidad al respecto (UNESCO,1982:30). Sin embargo, en nuestro tiempo ha quedado al descubierto el carácter ideológico de los proceso científico-tecnológicos (Habermas); asimismo, se ha comprobado la invalidez del determinismo técnico; es decir, ha quedado de manifiesto que la técnica por sí misma no conlleva al progreso, que no es en sí fuente de soluciones y que es, sobre todo en este siglo, fruto del racionalismo propio de las economías de mercado donde productividad, eficiencia y ganancia son fines supremos que han visto en la ciencia su fuente de legitimación y medio para garantizar la reproducción del sistema, exigencia que se ha enfatizado aún más a partir de este proceso de globalización económica y de la crisis generalizada del capitalismo -que ha alcanzado a los otrora países con burocracia stalinista- que se

ha expresado en déficit fiscal y comercial, elevados niveles de desempleo, endeudamiento, etcétera.

"La tecnología no ofrece una "salida" a la crisis. Sin embargo, para el capital en general y para cierto tipo de empresas, así como algunas tecnologías y algunos sectores industriales y mercados finales, sí representa una forma de combatir la caída de las ganancias, de trasladar el peso de la crisis a otras empresas, clases y países, y de crear para todos ellos problemas particulares de "ajuste" industrial y de mercado." (Chesnais, 1990:256)

Así, desde fines de la Segunda Guerra Mundial, la generación de ingresos y el dominio de mercados dependen de la capacidad de innovar y ésta, a su vez, es fruto de la inversión en Investigación y Desarrollo. Sobre todo ahora, en estos tiempos de globalización económica, la competencia -que se expresa en una ventaja decisiva en costo y calidad- exige de nuevas tecnologías, mercancías, fuentes de aprovisionamiento y formas de organización.

De acuerdo a las categorías schumpeterianas que Carlota Pérez retoma, vale puntualizar que para que las invenciones sean atractivas al capital es necesario que se conviertan en innovaciones, es decir, que lleguen a la etapa de comercialización y, más aún, que sean adoptadas masivamente; sólo entonces una invención podrá transformarse en un fenómeno económico-social. (Pérez, 1986:44)

Por otra parte, Freeman y C. Pérez establecen una diferenciación entre innovaciones incrementales e innovaciones radicales. Las primeras son el resultado de mejoras sucesivas en

productos y procesos lo que permitirá mayor productividad y reducción en los costos, ventajas que llegarán a su máxima expresión para, finalmente, estancarse. Las segundas, "consisten en la introducción de un proceso o producto verdaderamente nuevo. (...) (son) por definición una ruptura capaz de iniciar un rumbo tecnológico nuevo", y pueden ser capaces de favorecer el nacimiento de toda una industria. (Freedman, C. y Pérez, C. "The Diffusion of Technological Innovation and Changes of Techno-economic Paradigms", en Pérez, 1986:45).

Esto nos lleva a retomar otras dos categorías involucradas en el análisis del cambio tecnológico: sistemas tecnológicos y revoluciones tecnológicas.

Los sistemas tecnológicos "son constelaciones de innovaciones interrelacionadas técnica y económicamente que afectan a varias ramas del aparato productivo (...) (son) tecnologías genéricas cuya trayectoria natural de evolución abarca todo un conjunto de innovaciones radicales interrelacionadas (...) (Son) una cadena de sucesivas innovaciones radicales interrelacionadas en una trayectoria natural global", donde es posible predecir los nuevos productos y procesos que se sucederán y que vistos individualmente podrán parecer innovaciones radicales, pero vistos dentro del sistema pueden considerarse cambios incrementales. Por ejemplo, dentro de la petroquímica existe una amplia gama de familias de tecnologías como las fibras sintéticas que han transformado la industria textil, entre otras; los plásticos, que han tenido

múltiples impactos y han abierto un amplio universo de innovaciones. Además, los sistemas tecnológicos trascienden los aspectos puramente técnicos para incidir sobre las formas organizativas y gerenciales. (Ibid., p.47)

Bajo estos términos, la Revolución Verde puede considerarse como un sistema tecnológico en la medida en que incorpora y articula familias de innovaciones radicales que siguen "una evolución coherente en la lógica de un sistema productivo", tales como maquinaria agrícola movida por petróleo e innovaciones de la petroquímica como fertilizantes, herbicidas y pesticidas. Además alteró el sistema de explotación agrícola pues condujo al monocultivo, al tiempo que provocó cambios en la organización de la producción y distribución así como en la estructura de la propiedad.

Por su parte, las revoluciones tecnológicas se producen cuando las innovaciones radicales transforman todo el aparato productivo y conducen a profundos cambios estructurales, pues no sólo son capaces de transformar el modo de producir, sino también el modo de vivir y la geografía económica mundial. "Estas son, en realidad, una constelación de sistemas tecnológicos con una dinámica común." (1) (Ibid., p.48)

1. Para que una revolución tecnológica se difunda -afirma C.Pérez- requiere de la guía de un "paradigma técnico-económico" que, al enraizarse en la conciencia colectiva, se convierta en "sentido común" de los sujetos sociales involucrados (ingenieros, gerentes, inversionistas, etc.) a fin de alcanzar la máxima eficiencia y productividad.

Ejemplos fehacientes son "la revolución industrial en Inglaterra, la 'Era del ferrocarril' a mediados del siglo pasado, la electricidad y el acero Bessemer en la 'Belle Epoque', el motor de combustión interna, la línea de ensamblaje y la petroquímica en el reciente 'boom' de la posguerra." (Loc. cit.)

Hoy día, estamos presenciando el despliegue de espectaculares avances tecnológicos que se inscriben dentro de la llamada Tercera Revolución Científico-técnica y que se les puede agrupar en cuatro líneas principales: Robótica, Microelectrónica, Nuevos Materiales y Biotecnología.

En virtud de que toda innovación -como acabamos de ver- acarrea transformaciones en las estructuras productivas, socioeconómicas y políticas, es de interés particular identificar o prever cuál será el papel que estos avances tecnológicos desempeñarán en los procesos sociales que caracterizan nuestro tiempo. Pero, dado que esto sería una tarea de dimensiones descomunales, restringimos nuestro objeto de estudio a la biotecnología, también llamada biorevolución, que en un sentido genérico, la podemos definir como un área integrada de múltiples ciencias e ingenierías en estrecha interdependencia orientadas al estudio y transformación de microorganismos y células vegetales y animales para producir bienes y servicios de mejor calidad y a bajo costo. Las múltiples tecnologías que la constituyen son la base de un nuevo conjunto de "paradigmas tecnológicos" en la agricultura, en las industrias alimentaria y farmacéutica, energía, salud, etcétera..

Este conjunto de tecnologías, como hemos mencionado,

responden a necesidades e intereses muy concretos, lo que lo convierte en producto de ideologías que hacen de él un medio efectivo de dominación. De ahí la necesidad de realizar análisis prospectivos de los posibles efectos socioeconómicos de las biotecnias, cuyas potencialidades prometen incidir en necesidades concretas que exigen soluciones a corto plazo.

En el agro mexicano persisten y se profundizan problemas con repercusiones sociales graves, como es el caso de la disminución de la producción de alimentos, el consecuente incremento en las importaciones de granos, el desplome del crédito agropecuario, alarmantes porcentajes de desnutrición -20% de la población en general y hasta el 50% de la población rural infantil-; panorama que no es más que un reflejo de una situación de fondo: la pérdida de la autosuficiencia alimentaria.

Al respecto, las soluciones que la biotecnología pueda brindar, así como sus efectos, serán múltiples y variados dependiendo de las estrategias de desarrollo que decidan impulsar las políticas públicas. Lo que sí queda claro es que su capacidad de respuesta y selectividad en objetivos (ya tendientes a lograr la rentabilidad, ya encaminados al beneficio social) dependerá en mucho de los valores que orienten a los actores directamente involucrados en el desarrollo de biotecnias: investigadores, empresarios, gobierno y consumidores.

En nuestro país se pueden identificar diferentes escenarios en los cuales predominan estrategias acordes al proyecto

modernizador en turno, especialmente en lo que a innovaciones tecnológicas se refiere, cuyas diferencias están dadas dependiendo de a cuál de los dos sujetos sociales privilegian: empresarios agrícolas y/o campesinos. En el presente trabajo se centra la atención en dos momentos históricos precisos: en el proceso de modernización agrícola impulsado a partir de los años cuarentas y que encuentra su sustento en la Revolución Verde, y en el proyecto neoliberal salinista, en el cual nos proponemos advertir la importancia y el papel que desempeñará la biotecnología en los años por venir.

Dentro de este contexto, las hipótesis que la sustentante pretende comprobar son las siguientes:

A) La Revolución Verde y la Biotecnología son dos alternativas tecnológicas cualitativamente distintas que se inscriben dentro de diferentes proyectos de modernización agrícola. Es decir, son dos patrones tecnológicos diferentes que determinan aspectos de orden económico, social, político, etcétera.. del momento histórico en que surgen, pero a su vez se encuentran decisivamente condicionados por éste.

Este planteamiento surgió a partir de la advertencia de que la mayor parte de los autores que intentan hacer un análisis prospectivo de los efectos socioeconómicos de la biotecnología, derivan éstos a partir de la experiencia de la Revolución Verde, y muestran aquélla como una continuación de las tendencias establecidas por ésta, con frecuencia destacan sus consecuencias

adversas para magnificarlas con la biotecnología; de ahí el cuestionamiento de si ¿es realmente la biotecnología una prolongación del "lado oscuro" de la Revolución Verde?

B) Distinguir las diferencias entre ambas tecnologías es fundamental para poder avanzar en el estudio de los efectos socioeconómicos reales de la biotecnología, los cuales serán más devastadores en algunos aspectos, en otros, más benéficos, pero nunca iguales a los de la Revolución Verde.

Es importante señalar que la comprobación de las hipótesis aquí planteadas exige de la estrecha interrelación entre la sociología y la economía, fundamentalmente; es decir, no podemos prescindir de ésta última si queremos obtener un conocimiento integral de los procesos -en este caso de los tecnológicos- que día a día transforman a la sociedad.

C) Las aplicaciones de la biotecnología son mucho más diversificadas; por ello, de existir las condiciones técnicas y económicas, así como la voluntad política necesaria, sus beneficios llegarán a una gama de productores agrícolas mayor que la alcanzada por la Revolución Verde.

Atendiendo a estos planteamientos, los objetivos que se pretenden alcanzar son los siguientes:

1. Advertir y sistematizar los principales aspectos que hacen de la biotecnología y de la Revolución Verde dos alternativas tecnológicas cualitativamente distintas;

2. evaluar las consecuencias socioeconómicas de la Revolución Verde; y

3. diagnosticar el potencial, desarrollo e impacto de la biotecnología vegetal en México.

Así, es importante enfatizar que en la medida en que logremos diferenciar ambas tecnologías tendremos la posibilidad de prever los riesgos que las aplicaciones biotecnológicas puedan entrañar, de lo contrario nos quedaríamos en un nivel de meras generalidades donde todo puede suceder; o en el mejor de los casos, caeríamos en una posición radical producto de derivaciones mecánicas y lineales.

Precisamente en esto radica la primera y gran diferencia: mientras que la Revolución Verde constituyó una estrategia gubernamental implementada sin un previo análisis de efectos posibles (ello se realizó después de que sus estragos se dejaron sentir), con la biotecnología estamos en buen momento de distinguir técnicas no tan polarizadoras; a los científicos sociales se nos presenta la oportunidad de efectuar un estudio socioeconómico anticipado que contribuya a orientar las políticas en ciencia y tecnología nacionales.

Los objetivos arriba expuestos exigieron que el presente trabajo se conformara de cuatro capítulos: en el primero se exponen sintéticamente los antecedentes y contexto sociopolítico que favoreció la adopción y difusión de la Revolución Verde en

nuestro país, para luego expresar algunas reflexiones en torno a la biotecnología en relación con el proyecto modernizador salinista.

En el segundo capítulo se realiza una revisión de planteamientos críticos acerca del origen, evolución y consecuencias de la Revolución Verde como patrón de desarrollo tecnológico en México.

En el tercer capítulo se realiza un "monitoreo" que persigue reseñar el estado de arte de la biotecnología vegetal en México, lo que nos permitirá conocer la orientación y el nivel de avance de la investigación y desarrollo de las principales técnicas biotecnológicas de las que se dispone para mejorar los cultivos agrícolas; de esta forma tendremos una idea general de las posibilidades que ofrecen las biotécnicas en la agricultura, especialmente en el campo de la fitogenética. También se trata de identificar a los principales actores sociales y el papel que han desempeñado en el desarrollo de la biotecnología en el contexto nacional e internacional.

Una vez asentadas las especificidades de cada una de estas alternativas tecnológicas -biotecnología y Revolución Verde-, en el cuarto capítulo, parte sustancial de este estudio, el interés es puntualizar los principales aspectos que diferencian a ambas tecnologías a fin de abrir pautas de discusión que permitan avanzar en el estudio de los efectos reales de la biotecnología.

Por último, sólo resta expresar mi gratitud a maestros,

familiares y amigos que contribuyeron a la culminación de esta noble meta, especialmente a mi pareja y compañero, Manuel Cervantes, por su comprensión y apoyo.

En particular, hago notar que los aciertos que este trabajo pueda contener, así como aspectos importantes de mi formación académica han sido producto de la valiosa asesoría brindada por la Mtra. Michelle Chauvet a quien manifiesto mi más profundo agradecimiento y respeto.

C A P I T U L O I

ESTRATEGIAS DE DESARROLLO RURAL

El criterio evolucionista que diferencia a las sociedades tradicionales de las modernas ha permeado la política "modernizadora" que al tomar como modelo a los países industrializados subyace la intención de alcanzarlos vía la adopción de su tecnología y apertura a la agroindustria transnacional, como si la historia se repitiese, "como si sus moldes históricos formativos y procesos concretos reales fuesen capaces de ser copiados, precisamente, en dirección del productivismo ilimitado, el consumismo y el hedonismo." (Pecujlic, Abdel-Malek y Blue, 1982:13)

Bajo esta óptica, la ciencia y la tecnología representan un modo de transformar las creencias y conocimientos tradicionales, las estructuras sociales, los sistemas axiológicos y los modos de producción autóctonos (UNESCO, 1982:33). Esta concepción es compartida por los dos procesos modernizadores que se han registrado en el agro mexicano: el modelo impulsado al término de la Segunda Guerra Mundial y el tipo neoliberal salinista. Ambos diferentes pero complementarios, porque mientras que en el primero se canalizaron los recursos a la agricultura comercial a expensas del campesino pero sin afectar legalmente su propiedad; en el segundo, el impulso va más allá, todo indica que las reformas al artículo 27 constitucional

-en repuesta a las exigencias del sector empresarial y del Tratado de Libre Comercio- derivarán en la privatización del ejido como una medida acorde al nuevo proyecto. Aunque por el momento es dudoso el desenlace del debate en torno a este asunto, lo que sí queda claro es la intención de consolidar la propiedad e inversión empresariales.

1. Modernización agrícola impulsada a partir de los años cuarenta

El primer embate modernizador (2) dio inicio a partir de los años cuarentas, cuando imperaban las concepciones desarrollistas que se referían al crecimiento y al desarrollo agrario en forma indistinta; de tal suerte que, en efecto, hubo crecimiento pero sin desarrollo. Este modelo apostó todo a la transferencia de tecnología y capital provenientes de agroindustrias e inversionistas estadounidenses.

La modernización agrícola se la define como:

"un proceso de implantación de un modelo tecnológico y organizativo preexistente en los países capitalistas desarrollados (...) que modifica tanto los patrones tradicionales del uso de los recursos, la racionalidad de la empresa (...) como el sistema de inserción en los canales maestros de la economía de mercado.(...) Ese proceso se ha expresado en términos de dimensión o escala de la transferencia o comercio de tecnología (fertilizantes, químicos, tractores, semillas mejoradas, alimentos concentrados para el ganado, etcétera), de cambios en los niveles de productividad o de tasas de incremento del producto global o del producto por habitante..." (García,1981:49) Se han considerado cuatro momentos fundamentales en los que se sentaron las bases para lograr

2. Vale recordar que, cronológicamente hablando, la primera modernización agrícola fue la cardenista, pero el proceso al que hacemos referencia fue el primero en perseguir objetivos y estrategias radicalmente opuestas a los de aquélla.

la transformación agrícola (3): a) Construcción de infraestructura en transporte y comunicaciones; b) Intensificación de la inversión gubernamental en la propiedad agrícola empresarial (riego, drenaje, crédito, etcétera..); c) Introducción de técnicas modernas (fertilización, mejoramiento de praderas, mecanización, selección zootécnica de ganado, etcétera..), y d) "Inserción de la agricultura modernizada en el proceso de transnacionalización (...) y en el sistema urbano-industrial..." (García,1981:51)

Así, modernización empresarial del latifundio, difusión de tecnologías extranjeras y continua expansión de la capacidad productiva representan algunos de los rasgos distintivos de esta transformación íntimamente relacionada con los vertiginosos procesos de urbanización e industrialización, y de inserción de las empresas transnacionales.

En este período, el crédito, las obras de infraestructura, la investigación, la tecnología, en una palabra: la política agropecuaria se orientó, casi exclusivamente, al beneficio del empresario agrícola, prueba de ello es que la mayor parte de las inversiones gubernamentales se canalizó a la construcción de obras de irrigación para producir eficientemente en términos de un mercado capitalista. Entre 1941 y 1952, el 18% de todo el presupuesto federal y el 90% del agrícola se destinaron a grandes obras de irrigación que transformaron en entidades comerciales algunos estados norteros. (Hewitt,1975:459)

Esta concentración de recursos por regiones se puede apreciar en las siguientes cifras: la superficie de riego aumentó

3. Antonio García, en la fuente anteriormente citada, proporciona una explicación más amplia al respecto.

en el noroeste de 672,000 ha. en 1950, a 1,098,756 en 1960 (63.3%); en el noreste de 288,719 a 434,218 (50.3%). (Robles,1988:27)

Esto se inscribe dentro de un modelo de desarrollo nacional, cuya tendencia se orienta a concentrar recursos públicos y privados en la creación de polos de desarrollo o enclaves agrícolas de alta productividad que apoyen el crecimiento del país proporcionando a los sectores secundario y terciario los elementos básicos para su desarrollo: a) materias primas y alimentos a bajo costo, lo que permitió controlar salarios y reducir costos de producción industriales vía insumos; b) oferta de mano de obra, campesinos que al ver disminuidos los medios indispensables para su sobrevivencia y reproducción se ven obligados a migrar a las ciudades; y c) divisas para financiar la importación de bienes de capital para la industria.

Para 1965 quedó de manifiesto el fracaso del "desarrollismo agrario" (Esteva,1978:23): tanto la industria como los enclaves agrícolas fueron incapaces de absorber toda la mano de obra campesina, dando lugar a un creciente índice de desempleo y migración hacia el sur de Estados Unidos; por otra parte, en la medida en que la economía agrícola campesina dejó de percibir apoyos gubernamentales se vio imposibilitada para abastecer al mercado local, y al sector moderno de la agricultura le fue imposible cubrir simultáneamente las dos funciones: producir alimentos y materias primas baratas para satisfacer la demanda interna y al mismo tiempo generar divisas, cuando el agronegocio

norteamericano estaba consolidando su dominio sobre los mercados internacionales.

Escasez de divisas, crecientes importaciones de alimentos, presiones inflacionarias, desaceleración del proceso de acumulación industrial, formación de un subproletariado campesino, subempleo, desocupación, marginalidad social, distribución polarizada del ingreso, redistribución espacial y económica de la población, aparición y expansión de las nuevas formas de miseria -urbana y rural- y deterioro ecológico constituyen sólo algunas de las consecuencias de la crisis agrícola nacional (González,1978:51 y García,1981:50) que profundizó aún más la brecha entre la agricultura empresarial de producción a escala y la economía campesina. Así, "...la expansión de la pobreza rural(...) es la contrapartida del modelo dualista de modernización y crecimiento agrícola y no una simple expresión patológica de la descomposición de las economías campesinas..." (García,1981:13). Con las palabras de Oscar González: "los campesinos no son residuo de algún modo de producción pre-capitalista que ha sido absorbido y refuncionalizado; por el contrario, los campesinos son el producto del desarrollo histórico del propio capitalismo, donde su forma de producción se crea y recrea en el sistema." (González,1978:53)

2. El proyecto neoliberal en la agricultura

El segundo embate modernizador se propone fundamentalmente dar continuidad al proyecto anterior pero con una significativa diferencia: mientras que el primer proceso exigía como condición necesaria la conformación del nuevo modelo de capitalismo de Estado, en este segundo proceso se aprecia un giro de 180° de la política gubernamental respecto a su actitud asumida antes de la década de los ochentas, cuando todavía tenía en sus manos la rectoría económica de la nación y reservaba para sí aquellos renglones estratégicos y/o prioritarios para el desarrollo económico y social del país. Esta transformación del Estado mexicano encuentra parte de su explicación en el cambio que se ha producido en el entorno internacional y, concretamente, en los dos bloques económico-políticos que mantenían el equilibrio y la correlación de fuerzas en el mundo. (4) Estas circunstancias han propiciado una actitud arrogante y prepotente de los Estados Unidos, cuyos efectos ya se dejan sentir en la actitud sumisa y consecuente del Gobierno mexicano frente a las recetas del F.M.I.

Así, el nuevo Estado neoliberal se pronuncia por una participación gubernamental cada vez menor en la esfera económica, bajo el argumento de permitir la libre concurrencia de los agentes económicos.

4. El desmembramiento del bloque socialista ha frustrado la esperanza de tantas naciones, enormemente expoliadas por el capitalismo más voraz nunca antes visto, de alcanzar por esta vía su desarrollo; también crea las condiciones para que estas naciones se precipiten de lleno a la economía de mercado que las haría aún más dependientes.

Ahora, la polarización de las diferencias sociales se ha agudizado, y el proyecto salinista (5) no da señales de revertir esta tendencia; por el contrario, la presente administración está al pendiente de seguir las directrices señaladas por el Banco Mundial: apartarse de la producción de cultivos alimentarios y convertir al campo en una agricultura netamente comercial; asimismo, disminuir si no es que eliminar subsidios en todo lo que a insumos, créditos e infraestructura se refiere - olvidando expreso las necesidades del campesinado mexicano- (Robles, 1990:3). Con esto no se da respuesta al problema de la pérdida de la autosuficiencia alimentaria y sí se acentúan las diferencias socioeconómicas entre los productores, al mismo tiempo que se atenta contra la soberanía nacional.

Así, el modelo neoliberal está impulsando un tipo de estrategia como el "Proyecto Vaquerías", puesto en marcha en el ejido de "General Terán" en Nuevo León, a 230 km. de Monterrey en donde se siembran por sistema de riego 3,380 hectáreas. Es un proyecto de coinversión en el que intervienen la iniciativa privada, ejidatarios, pequeños propietarios y los gobiernos estatal y federal, la intención explícita es lograr la "reactivación" del campo.

5. La estrategia gubernamental -claramente excluyente y de corte neoliberal- se caracteriza, entre otras cosas, por una creciente apertura comercial, la inserción de México en el mercado mundial vía "ventajas comparativas", y el intento de sanear las finanzas públicas (reducción del déficit fiscal, de los subsidios, de la inversión pública y los ajustes a las tasas de interés). (Suárez y Mier, Manuel. "Modernización del financiamiento rural y del sector agropecuario", citado en Escalante, Roberto y Teresa Rendón, 1988)

En el programa Vaquerías participan 337 campesinos, así como empresarios del grupo Gamesa, hoy Dicamex. (Excelsior, 29 de marzo de 1991) Los campesinos son considerados "socios" del proyecto, ellos aportan la mano de obra. (6)

Los primeros resultados del proyecto fueron desalentadores, pues la siembra de frijol no tuvo los resultados esperados. Ante esto, madres de familia del ejido atestiguan que con el proyecto les ha ido "bien y mal, bien porque hay trabajo y mal porque la cosecha de frijol se echó a perder y no nos dieron nada, "sólo frijoles, nos pagaron con frijoles." En el ciclo agrícola en el cual inició este proyecto se cultivó frijol, para el próximo se piensa cultivar trigo y de ser favorables los resultados de éste, varios grupos empresariales están dispuestos a invertir, como VISA, Maseca y Tequila Sauza.

Este proyecto se piensa ampliar a terrenos de Tamaulipas, concretamente a 3 mil 500 has. del municipio de Burgos. Para ello será necesario construir una presa similar a la de Vaquerías, con capacidad de 30 millones de metros cúbicos.

De la situación que prevalece entre los campesinos de esa región nos da cuenta el dirigente estatal de la CNC: "los campesinos del sur del estado tienen una cartera vencida por 20 millones de pesos, debido a que por las condiciones

6. También la mujer campesina participó en el armado de los sistemas de riego (cien kilómetros de tubería de aluminio y 8 mil ruedas transportadoras de los ductos), sus sueldos fueron incluidos en el de los esposos -y a ellas no les dieron partida adicional.

climatológicas no se pudieron recuperar las cosechas. Actualmente existen 90 mil campesinos afectados pertenecientes a 425 ejidos de Nuevo León, que comprenden más de 35 mil hectáreas de suelo cultivables echado a perder. (...) Los campesinos no tienen oportunidad de mejorar sus niveles de vida, debido a que aún están sujetos a las férreas condiciones de las instituciones que supuestamente están para servir a los campesinos." (Ver La Jornada, 29 de marzo de 1991).

Más que una alternativa para hacer productivo el campo, el Proyecto Vaquerías es una forma de que el empresario agrícola pueda tener ingerencia dentro del ejido "sin violentar la legislación sobre tenencia de la tierra o los principios que sustentan al ejido."

Pero no faltan las declaraciones triunfalistas y acrílicas como las siguientes: "El secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Carlos Hank González atestiguó hoy aquí la entrega de utilidades por 1,537 millones de pesos, derivados del primer proyecto en el agro mexicano iniciado entre agricultores y empresarios. En total fueron favorecidos 342 productores: Al ejido San José Vaquerías se le entregaron 414 millones 782 mil peso; al Barretas, 533 millones 331 mil pesos; al Morones Prieto, 151 millones 432 mil pesos; al Santa Teresa, con siete beneficiarios, 40 millones 736 mil pesos, y al Francisco I. Madero, 381 millones 807 mil pesos." (Excelsior, 10 de mayo de 1991)

Pero hagamos las siguientes reflexiones, si dividimos los 1,537 millones de pesos -es importante hacer notar que si sumamos las cantidades que fueron entregadas a cada comunidad, y que se especifican en la cita anterior, nos da como resultado 1,522,088,000 pesos, cantidad que no corresponde a los 1,537 millones de pesos que se maneja globalmente- entre los 342 productores, bajo el supuesto de que esa cantidad se repartió en forma equitativa, entonces a cada uno les correspondería 4,494,152 pesos anuales, es decir, 12,483.75 pesos diarios, más 15 mil pesos (7), es decir, 27,483.75 pesos diarios, cantidad que resulta ser mayor al salario mínimo y al nivel de precios, pero de ser el único ingreso del jefe de familia resulta ser a todas luces insuficiente para la manutención de todos los miembros de la familia.

Ante este panorama no es arriesgado afirmar que este proyecto no sólo no hace frente a problemas estructurales, sino que facilitará la apropiación del ejido por parte de los empresarios agrícolas, al estar los campesinos en incapacidad de pagar millonarias carteras vencidas; por tanto, los procesos de descampesinización y proletarización del campesinado se verán acelerados.

Hasta aquí hemos dado un panorama general de las políticas de desarrollo rural que se han promovido en nuestro país, cuyo

7. "Los socios ejidatarios o comuneros que voluntariamente laboraron tuvieron un ingreso de 15 mil pesos diarios adicionales a las utilidades que hoy recibieron." (Excelsior, 10 de mayo de 1991)

rasgo característico es la introducción de tecnología, concebida por los tecnócratas en turno como uno de los principales móviles del proceso de modernización del sector agropecuario, de esta forma nos aproximamos a nuestro objeto de estudio: ver el papel que juega la biotecnología dentro del presente esquema modernizador.

2.1 Perspectivas de la biotecnología dentro del esquema modernizador salinista.

Todos sabemos que, en México, el apoyo a la innovación tecnológica es un aspecto sumamente descuidado. Tradicionalmente se ha preferido importar tecnología que canalizar recursos para apoyar proyectos de investigación. Lo que se observa en el presente sexenio es que no hay un interés real y acciones decisivas para crear las condiciones para la formación de recursos humanos en ciencia y tecnología, la modernización educativa así lo demuestra. ¿Cómo podemos esperar que se promueva el interés por la ciencia si en la educación media básica se han reducido en forma sustancial las horas-clase en matemáticas, biología, física química, etcétera..?

Entonces es claro que el objetivo es otro: formar los cuadros básicos para atender los requerimientos de las maquiladoras; conservar una de las pocas ventajas comparativas como lo es la fuerza de trabajo barata, clave del capital nacional para ser competitivo, y uno de los atractivos para la inversión extranjera -mientras que la automatización y

robotización no amenacen con generalizarse.

Además, ¿cómo lograr revitalizar un área estratégica como lo es la científico-técnica si se acatan al pie de la letra los programas de ajuste "sugeridos" por el FMI?

Mucho se ha comentado que la clave para que las empresas nacionales sobrevivan a este proceso globalizador está dada en la modernización de su planta productiva, lo que implica un apoyo decidido a la investigación científica; pero, como veremos más adelante, el empresario mexicano rara vez arriesga capitales y menos en proyectos de investigación cuyos resultados y su posible explotación comercial son inciertos. Entonces ¿podemos pensar que el Estado, una vez que reduzca su participación en la economía, se encargará de impulsar la investigación? Hasta el momento no hay nada que así lo indique, baste apreciar el monto del presupuesto que se destina a ciencia y tecnología y veremos que ni si quiera se destina el 1% del PIB que recomienda la ONU (1 billón 600 mil millones de pesos para 1990 = 0.25 del PIB).

En lo que toca a biotecnología, es fácil deducir que se le dará un decidido apoyo en la medida en que represente un medio para lograr competitividad en los mercados internacionales, de ser así no es de dudarse que la investigación favorecerá -y ya se empieza a observar esta tendencia- a aquellos productos que encuentran un mercado rentables en el exterior: flores, frutas y hortalizas -en detrimento de los granos básicos-; si embargo, hasta el momento no existe en México una política en

biotecnología que defina las líneas prioritarias que deberán impulsarse.

"En nuestro caso, consideramos que la floricultura es una de las ramas con posibilidades de dinamizarse y expandirse dadas las actuales condiciones de desarrollo económico en el agro, caracterizadas por la implantación de un modelo neoliberal-privatizador, que favorece de manera excluyente a los productos que encuentran mercados rentables en el exterior. Paralelamente, la floricultura se caracteriza por ser una gran absorbedora de fuerza de trabajo, y por ser susceptible de adoptar las biotécnicas recientes en su proceso productivo." (Massieu, et. al. 1991)

Por otra parte, no es arriesgado afirmar que las grandes empresas transnacionales comercializadoras de productos biotecnológicos inundarán el mercado nacional, de tal suerte que, por cuestiones de costos, el consumidor prefiera adquirir los productos que ellas ofrecen, la pregunta es ¿estamos en condiciones de competir con los grandes consorcios en biotecnología? Si la respuesta es negativa, existe el peligro de que, en este sentido, la experiencia desfavorable de la Revolución Verde se repita, y los insumos agrícolas lleguen al productor a través de las transnacionales, con todo lo que ello implica.

C A P I T U L O I I

REVOLUCION VERDE:

ORIGEN, PARTICULARIDADES Y CONSECUENCIAS

1. Contexto internacional

Revolución Verde (en adelante R.V.) es una expresión que encierra significados de múltiples dimensiones. Hay quienes se refieren a ella como a una gran transformación del sector agrícola en los países subdesarrollados, a una reducción de la escasez de alimentos y desnutrición, y a la eliminación de la agricultura como estrangulamiento del desarrollo en general (Griffin,1982:24); otros la utilizan para referirse sólo al uso de variedades de alto rendimiento (8), para designar a una nueva forma de producir (9) o como un "rápido crecimiento de la producción granera del Tercer Mundo asociada con la introducción de un paquete de insumos agrícolas tropicales." (Cleaver, :163).

Pero también existen definiciones más equilibradas: "R.V. es algo más que una investigación de laboratorio y algo menos que una estrategia de modernización" (Hewitt,1978:13); es la introducción de un "paquete tecnológico" que combina:

8. "La introducción a gran escala de variedades modernas de alta productividad a partir de los años cincuenta ha sido llamada "Revolución Verde"" (Hobbelink,1987:26)

9. "La R.V. es una innovación de proceso. Es decir, la "revolución" consiste en un nuevo método de producción de un bien particular." (Griffin,1982:76)

- a) semillas mejoradas, producto de cruces entre variedades de alta productividad, este desarrollo genético se logró fundamentalmente en variedades de maíz, trigo, sorgo y arroz;
- b) fertilizantes químicos, insecticidas, herbicidas, e
- c) irrigación cuidadosamente controlada. (10)

Tanto b) como c) son insumos que proporcionan las condiciones necesarias para hacer efectivo el alto rendimiento de las nuevas variedades, pues las semillas híbridas tienen la ventaja de responder bien a los fertilizantes, es decir, entre más alta es la cantidad aplicada de fertilizantes nitrogenados más rendimientos se obtiene por hectárea; "las variedades de alta productividad pueden producir un 50% más de cereales por cada kilo de fertilizante que las variedades tradicionales" (Hobbelink, 1987:62) pero éstas sólo pueden emplearse con eficacia en la zonas que tienen un suministro de agua regular y adecuado.

Circunscribiéndonos a la experiencia mexicana, en nuestra opinión, la R.V. fue pilar fundamental de la modernización tecnológica que formó parte de un proceso mucho más amplio: el de la modernización agrícola, entendida como la transformación del campo, producto de su progresiva inserción en un cierto modelo de desarrollo capitalista (García, 1981:59), al que ya

10. Es importante hacer notar que en la definición textual proporcionada por Hewitt no se incluye a los tractores como parte de la R.V.; la autora aclara que su adopción fue estimulada por la escasez de mano de obra agrícola una vez que se abandonó el programa cardenista de desarrollo rural y que se impulsó la industrialización a ultranza, esto dirigió en un aumento significativo de la migración de trabajadores agrícolas a las ciudades.

hemos hecho referencia.

La R.V. aparece como un paliativo. Si bien se aplicó en todo el mundo, el objetivo que le dio origen era evitar los disturbios causados por el hambre y la pobreza crecientes en los países subdesarrollados, así como garantizar la legitimidad, reproducción y estabilidad del orden social existente.

Ante la amenaza de una creciente inestabilidad política en estas naciones, producto de las desigualdades económicas - externas e internas- y desequilibrios financieros, comerciales, tecnológicos, energéticos, etcétera., el gobierno de Estados Unidos promueve la creación de organizaciones y fideicomisos con fines humanitarios al concederles deducciones fiscales siempre que una parte de su capital se canalizara para fines sociales. (Jiménez,1990). En este contexto surgen grandes fundaciones "filantrópicas" como el conglomerado Ford-Rockefeller-CIMMYT (11) que financiaron programas de investigación genética para producir variedades de alto rendimiento a fin de aumentar la producción y productividad cerealera de los países pobres,

11. CIMMYT (Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo) constituido formalmente en 1963 como agencia privada, no lucrativa, científica y educacional; financiada por 4 agencias internacionales (Banco Mundial, USAID, PDNU y el BID), 3 gobiernos (E.U., Canadá y Alemania) y dos fundaciones estadounidenses (Ford y Rockefeller) (Paré,1976:34). La Fundación Rockefeller se ocupa, entre otras cosas en conformar la investigación, la educación y la "extensión" agrícola, así como planes y programas de desarrollo agrícola general, de manera tal que beneficie a las empresas agrícolas estadounidenses como a un puñado de "subdesarrollados monopolistas". Para Feder esta fundación no hace más que utilizar a la Universidad de Chapingo para adaptar la educación e investigación agrícola a los intereses de los Estados Unidos. (Feder,1981:207)

esto redundaría en estabilidad política que facilitaría el proceso de internacionalización del capital.

En realidad, "la principal función de la ayuda exterior es de compensar el saqueo causado por el imperialismo en los países del Tercer Mundo -compensación muy desigual- y crear las condiciones políticas necesarias para que pueda continuar este saqueo." (Paré,1976:32). Asimismo, esta "ayuda" respondía a una nueva división internacional del trabajo favorable a los intereses de los países industrializados, de tal suerte que bastas regiones se especializarían en la producción de determinadas mercancías agrícolas que cubrieran las necesidades alimentarias de aquéllos. También se pretendía estimular las exportaciones estadounidenses, el caso de la R.V. es claro: en México, con la compra de semillas mejoradas necesariamente aumentarían las importaciones de fertilizantes químicos, demanda que favorecía la creación de nuevas industrias y cadenas de distribución; la necesidad de crédito impulsaría las instituciones financieras, etcétera.. (Paré,1976:33)

Así, los destinatarios de la R.V. fueron los países subdesarrollados y entre los principales beneficiarios se ubican los productores privados que reunían los requisitos indispensables, así como las compañías multinacionales de procesamiento y manufactura agrícola. Empero, para que aquellos países se hicieran merecedores de esa "ayuda humanitaria" tendrían que cumplir con varias condiciones, entre ellas, modificar sus estructuras institucionales; es decir, llevar a

cabo una modernización tecnológica que transformara la agricultura tradicional en agricultura comercial moderna, ya que se partía del supuesto de que la pobreza, la desnutrición, la falta de alimentos, etcétera.. se debían a un bajo nivel tecnológico así como a la explosión demográfica; por tanto, la solución era aumentar los rendimientos por hectárea a través de nuevas tecnologías.

De esta forma quedó encubierta la verdadera causa de las desigualdades sociales: el sistema capitalista "que acumula o destruye cosechas que no son vendibles, que desperdicia enormes riquezas por un lado, a la vez que desarrolla la pauperización y la subalimentación por otro." (Poncet, 1970 citado en Paré, 1976)

Vale sistematizar algunas de las críticas que se le han hecho a los programas de mejoramiento agrícola promovidos por la fundación Rockefeller.

- En primer lugar, el paquete tecnológico de la R.V. se generó en Estados Unidos y, por tanto, responde a necesidades concretas propias de ese país. Por ello, su transferencia a latitudes diferentes implicó nuevos desarrollos tecnológicos pero también el surgimiento o agudización de problemas sociales.

- Sus propuestas no fueron capaces de cuestionar el orden sociopolítico en que se aplicaban dichas tecnologías (12) y, por

12. Esto fue claro desde el momento en que el éxito de las demostraciones en sus centros experimentales lo hacían depender de la reunión de todos los insumos necesarios, independientemente de que en la práctica el agricultor estuviera en condiciones económicas para adquirirlos.

tanto, no estaban dispuestos a responder por las consecuencias sociales que generaran. Tan es así, que algunos directores de la Fundación recomendaban dar fin al programa de la Rockefeller en México una vez que se hubiese logrado el mejoramiento de la agricultura -léase productividad- y antes de que quedaran de manifiesto las consecuencias sociales del programa. (13)

- Sus esfuerzos trataron de responder a los síntomas y no a las causas ubicadas en la estructura socioeconómica, ofrecieron una solución tecnológica a problemáticas de índole política, lo que refleja "un interés básico por mantener la ciencia como un instrumento de autoridad", (Oasa y Jennins, 1982:977) pues partían del supuesto de que "centenares de miles de agricultores' apenas lograban subsistir por efecto de sus 'métodos de producción ineficientes' y no de los precios bajos." (Ibid., p. 981).

- No se trató de definir quienes serían beneficiados por sus programas: si los hacendados, los ejidatarios o los peones

13. John S. Dickey sugirió una versión de un principio limitante y la forma y el momento en que los miembros de la Fundación podrían aceptar la terminación del programa en la agricultura mexicana: "...Sugiero que uno de nuestros principios limitantes podría ser el de que no llevaremos el programa más allá del punto en el que se ha establecido como un éxito científico; dicho de otro modo, que la Fundación no se interesa primordialmente, ni se interesará, en los problemas prácticos a largo plazo que impliquen grandes decisiones y operaciones políticas, económicas y sociales." Memorando de John S. Dickey a Warren Waver, William Meyers, Thomas Parran y J. George Harrar, enero de 1951, p. 2, citado en Oasa, Edmund K y Jennings, Bruce W. (1982). "La naturaleza de la investigación social en la agricultura internacional: la experiencia norteamericana, el IRRI en el CIMMYT", en Trimestre Económico, Vol. XLIX, Núm. 196, octubre-diciembre. México. p. 992.

sin tierra, lo que importaba era lograr alta productividad vía desarrollo científico de la agricultura. Vale traer a colación que en Estados Unidos, cuando el programa estaba en etapa experimental, se pensaba que la forma de difundir esta tecnología era a través del agricultor más progresista -y de ordinario el más rico de la región-, pues se partía del supuesto de que una vez que demostraran el éxito de un método nuevo, sus vecinos menos prósperos y más conservadores estarían dispuestos a imitarlo. (Ibid., p. 982)

- Y sobre todo, se les ha criticado por "apostar a lo seguro" al promover la tecnología entre los productores que cuentan con adecuadas instalaciones de riego, suelo fértil y capital para obtener crédito destinado a la adquisición de insumos químicos. Claro está que con tierra fértil, nivelada e irrigada, buen drenaje y fertilización adecuada hasta las variedades tradicionales producen buena cosecha.

2. La experiencia mexicana

El estudio de las repercusiones de la R.V. en México resulta de especial interés debido a que en nuestro país se dio inicio a la importación de este paquete tecnológico y a los convenios con la Fundación Rockefeller en 1943, veinte años antes de que la R.V. se generalizara a gran parte de los países subdesarrollados. No obstante, fue hasta la década de los cincuentas cuando la política gubernamental impulsó a gran escala el uso de esta

tecnología.

El desarrollo que alcanzó la R.V. en México se explica en buena medida por el beneplácito con que algunos sectores del Estado la recibieron, misma que coincide con el convencimiento de que era la industrialización el camino que México debía seguir para lograr su desarrollo económico y social. Para tal efecto se demandaba la cooperación de todos los sectores económicos y, en particular, la del primario por suministrar divisas, mano de obra, alimentos, etcétera ., como ya hemos visto.

El cumplimiento eficiente del papel asignado a la agricultura en este proceso industrializador se percibió como la justificación para introducir una tecnología abocada a satisfacer las prioridades de los gobiernos poscardenistas:

- * Incrementar la producción en el próspero sector agrícola privado -en lugar de resolver los problemas de la economía campesina.

- * Generar un excedente que pudiera aprovisionar a las ciudades y a la industria -no a combatir la pobreza del medio rural. (Hewitt,1978:32)

Una vez que se estableció estrecha relación con la Fundación Rockefeller a través de la Oficina de Estudios Especiales (O.E.E.), ésta, manteniendo como punto de referencia a la experiencia estadounidense, propuso un programa tendiente a incidir en aspectos meramente agronómicos (aprovechamiento del

suelo, prácticas de labranza, introducción de variedades mejoradas, etcétera .), sin considerar las grandes diferencias entre el agro mexicano y el norteamericano, como la existencia del "pequeño, antieconómico tamaño de muchos terrenos de subsistencia, su aislamiento y su sometimiento a los prestamistas locales, la escasa calidad de la base de sus recursos," etcétera .

"Era esta suposición de que la agronomía y la tecnología podían trasplantarse sin adaptación a la naturaleza y circunstancias de la población agrícola", las que con mucha frecuencia restringían su aplicación a las mejores zonas agrícolas comerciales de México. (Ibid., p. 35)

El desarrollo de la R.V. en México puede dividirse en tres fases, particularmente por lo que toca al trigo:

a) La que va de 1943 a 1954, esto es, del surgimiento de la O.E.E. a la entrega de la variedad Lerma Rojo a los productores. Se caracteriza por el empeño puesto a la investigación de variedades resistentes al chahuixcle y porque la producción de nuevas variedades se destina a unidades de producción con riego y buen temporal.

b) De 1955 a 1962 periodo donde se impulsa la utilización de un paquete tecnológico que culmina con los espectaculares rendimientos logrados con los trigos enanos, es decir, variedades que responden particularmente bien a grandes dosis de fertilizantes.

c) De 1963 en adelante, periodo caracterizado por la internacionalización de la R.V. comenzando con la fundación del Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo

(CIMMYT).

Por lo anterior, es claro que la R.V. no ha sido un proceso homogéneo. Primero, operaba bajo un criterio técnico muy reducido, después amplía su perspectiva e introduce la idea de un paquete tecnológico y sólo posteriormente se visualiza como un instrumento político de importancia internacional.

En lo que toca a la investigación en maíz, había dos propuestas: la de la O.E.E. que abogaba en favor de la resolución de problemas técnicos para unidades productivas de corte empresarial mediante la producción de semillas híbridas (14) y la del Instituto de Investigaciones Agrícolas (I.I.A.) que aportaba soluciones técnicas viables en unidades productivas diversas, en especial para las zonas no irrigadas, mediante la producción de semillas de polinización abierta (15).

Como se dio prioridad al logro de altos rendimientos, sin importar los actores beneficiados, solamente se impulsó la producción de variedades híbridas, cuando México requería y requiere, por su diversidad climática y social, de soluciones

14. Los maíces llamados "híbridos" tienen la particularidad de que su alta productividad sólo dura para la primera siembra. En caso de que el grano obtenido de esta primera siembra se usara como semilla en los siguientes ciclos la producción, ésta puede ser incluso más baja que la obtenida con semilla criolla, de tal suerte que el campesino tiene que comprar semilla cada año, así como grandes cantidades de agroquímicos.

15. Las variedades de polinización abierta son otro tipo de maíz de alto rendimiento, pero algo menos productivas que las híbridas: si éstas pueden aumentar el rendimiento hasta el 70% más que las semillas tradicionales, algunas semillas de polinización abierta pueden producir un 50% más que la semilla común. Tienen la gran ventaja de la permanencia, y el agricultor puede destinar una parte de su cosecha para semilla del año siguiente. (Hewitt, 1978:46 y 47)

complejas que no necesariamente tienen que ser excluyentes.

"En 1948, aproximadamente el 80% de todas las tierras sembradas con variedades mejoradas eran de polinización abierta en variedades del IIA. Para 1956, el programa de producción de semillas de la Secretaría (de Agricultura) dedicaba el 96% de su capacidad a los híbridos, con lo que se encargaba principalmente de la mayor producción de maíz comercial a la agricultura de riego." (Hewitt, 1978:48)

2.1 Semillas mejoradas

A continuación se presenta un panorama general sobre el grado de adopción y fuentes de producción y distribución de semillas mejoradas. (16)

La importancia económica de la semilla mejorada de maíz, medida en términos de su participación como insumo en la superficie total sembrada de ese grano, históricamente ha sido escasa, fundamentalmente porque la superficie de riego dedicada al cultivo era pequeña. Hacia 1950 se sembraron 32 mil hectáreas de maíz con semilla híbrida o mejorada, en 1960 fueron 300 mil lo que representa un 5 % de la superficie nacional dedicada al maíz. Ocho años más tarde su participación se incrementó hasta llegar al 20%, según datos del Centro de Investigaciones Agrarias. En los años ochentas, el porcentaje de semilla certificada sembrada, en relación al total nacional fluctuó entre el 8 y 15%, siendo el año de 1982 cuando la proporción fue mayor.

También en este periodo se registra una mayor participación

16. Texto expuesto por Gilberto Aboites en el "Seminario sobre efectos de la Biotecnología", UAM-UNAM, 28 de mayo de 1991.

del sector privado en la producción del insumo: para el segundo quinquenio de los años ochenta casi el 50% de las semillas sembrada certificada era proveída por organismos particulares relegando la participación de Productora Nacional de Semillas (PRONASE). En realidad no existen inflexiones en la curva de crecimiento de producción de semilla certificada por organismos particulares, salvo el periodo correspondiente al Sistema Alimentario Mexicano (SAM).

En esta tendencia, el diferencial de precios entre el otorgado al maíz y el asignado a la semilla certificada debió ser importante, pues aunque ha disminuido sigue siendo considerable. En los ochentas, el precio de garantía ha pasado a representar entre un 20 y un 30%.

Ahora bien, el noroeste de México ha sido y es la base del desarrollo de la R.V. En los años setenta y ochenta Sonora y Sinaloa aportaron casi el 40% de la semilla certificada de maíz y, según las proyecciones, Ciudad Obregón y los Mochis continuarán dominando el panorama; asimismo, otros estados participan de manera importante en el abasto, como Chihuahua, Guanajuato y Tamaulipas, lo anterior porque existe en el país una diversidad de zonas climáticas que requieren de variedades de maíz con características agronómicas específicas.

En lo que se refiere a la investigación en semillas, de acuerdo a la ley sobre producción, certificación y comercio de semillas del 14 de abril de 1971, correspondía al Instituto

Nacional de Investigación Agrícola (INIA) la investigación y producción se semillas base; pero a partir de las modificaciones a esa ley, introducidas en 1983, se abrió la posibilidad de que las empresas privadas pudieran participar tanto en investigación como en producción de semilla mejorada. Actualmente son tres los agentes sociales que se dedican a la primer tarea: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), empresas privadas y los centros de investigación y/o de educación superior. Con estas reformas se consolida lo que desde 1964 se inició: en este año un acuerdo presidencial, válido para el noroeste de México, faculta al INIFAP para que verifique que las semillas originales sean distribuidas por partes iguales entre PRONASE y el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del estado de Sonora, que es una organización que funciona como sociedad civil y está integrada por 33 organismos agrícolas que asocian a todos los agricultores de ese estado. Tanto PRONASE como el Patronato reproducen la semilla original del trigo para producir semilla básica. Este último la distribuye entre los organismos miembros de manera proporcional a sus aportaciones. De esta manera todos los agricultores tienen acceso rápido a las nuevas variedades.

Si al principio las empresas privadas únicamente se dedicaban a la importación de material genético, a probarlo y reproducirlo en caso de adaptarse a las condiciones de riego y buen temporal en que se requería, ahora incursionan en la investigación y desarrollo de nuevas variedades, particularmente

de sorgo y maíz. Este proceso se ha concentrado en unas cuantas empresas transnacionales o de importancia económica regional que habilitadas de fondos económicos suficientes son capaces de sufragar los gastos de la actividad.

Las empresas transnacionales autorizadas para investigar son, entre otras MASTER de México en sorgo, Semillas Híbridas DECLAR en maíz, CIBA GEIGY en sorgo y maíz, Argo Mexicana también en sorgo y maíz. Compañías que han solicitado su registro para hacer investigación agrícola: Selecciones Genéticas en sorgo, Comercial Semillero en sorgo, Semillas y Fertilizantes de Sinaloa en maíz, Mexsado Internacional en hortalizas e Investigaciones Agrícolas S.A. en maíz y sorgo .

Si a la participación predominante de la empresa transnacional en la investigación y producción de semilla mejorada le agregamos el hecho de la concentración de esta actividad a nivel internacional -no existe ya una sola empresa dedicada a la producción de semillas mejoradas que no haya sido adquirida por alguna gran empresa química, petrolera o farmacéutica- tenemos que las perspectivas de desarrollo en México apuntan en dirección de las empresas transnacionales, lo que implica una mayor dependencia y una oferta exclusiva hacia los productores de tipo empresarial ubicados en unidades de producción con riego o buen temporal.

Lo anterior se verá reforzado con la modificación a nuestro marco legislativo sobre patentes de variedades vegetales (SECOFI,

1991), incluso aún cuando sólo lleguemos a nivel de los certificados de obtentor.

En 1970, seis compañías trabajaban en el fitomejoramiento de soya, con cuatro investigadores doctorados, en 1983 eran 28 compañías con 60 fitomejoradores y 29 con grado de doctor. En este contexto es previsible que toda mejora tecnológica que afecte los tiempos de producción en semilla de origen y/o en el eficiente aprovechamiento de los otros insumos del paquete tecnológico denominado R.V. sean lo que defina el éxito o fracaso entre las empresas.

2.2 Algunas implicaciones

Como ya se ha mencionado, las semillas de alto rendimiento sólo podían cultivarse en zonas de riego controlado y requerían de grandes cantidades de insumos químicos, lo que hacía necesario tener un amplio acceso al crédito y asistencia técnica o, en su defecto, poseer un nivel de instrucción que permitiera al agricultor aplicar eficientemente este nuevo paquete tecnológico; por tanto, la R.V. demandó un uso intensivo de capital.

Como se podrá inferir, esta serie de condiciones sólo podían ser cumplidas por la agricultura comercial. "La R.V. es aprovechada por los agricultores que ya antes de las innovaciones tecnológicas tenían un mayor grado de tecnificación y de capital." (Paré, 1976:39). Los campesinos pobres, con un nivel de producción de subsistencia, quedaron al margen de estos cambios. Sólo los ejidatarios que en la época cardenista habían sido

dotados con tierras de riego fueron obligados a consumir esta tecnología.

La brecha entre la agricultura comercial y la de subsistencia se profundizaba aún más. Mientras que los primeros se organizaban para obtener significativas ventajas -reducción del 40% en el precio de semillas mejoradas y 36% en fertilizantes e insecticidas; gasolina, llantas y partes de maquinaria adquiridas a precios de mayoreo- (Hewitt, 1975:464), los segundos eran timados al vendérseles insumos de baja calidad.

Por otra parte, surgió un mercado negro de insumos agrícolas: los ejidatarios que veían elevarse demasiado sus costos de producción por el uso de estos agroquímicos (los que podían haber sido productivos en caso de contar con efectivos servicios de extensionismo) preferían venderlos a intermediarios -desde inspectores de campo del Banco Ejidal hasta trabajadores eventuales- que crearon un negocio sumamente lucrativo al comprar los agroquímicos al ejidatario a bajos precios y venderlos a agricultores privados a un precio ligeramente inferior al prevaleciente en el mercado. Finalmente, son éstos (y los intermediarios) los verdaderos beneficiados, pues el ejidatario de todas formas paga la cuenta al banco oficial con el que se ha endeudado en forma alarmante. (17)

17. Por tanto, inferimos dos procesos de alcances perjudiciales para la economía campesina; por un lado, el crecimiento de la producción agrícola comercial podía conducir a la disminución de los precios agrícolas; y por otro, el incremento en la demanda de insumos repercutía en un aumento en los costos de producción.

A estas ventajas pueden sumarse otras de las que han gozado los empresarios agrícolas: por un lado, éstos se enriquecieron gracias a que el valor de sus tierras se incrementó significativamente una vez que se introdujo infraestructura a cargo de inversiones gubernamentales; por otro, participaron de una R.V. subsidiada, ya que el gobierno federal se encargó de estimular la productividad concediendo licencias de importación, impuestos variables y estableciendo precios de garantía superiores a los prevalecientes en los mercados internacionales.

En cuanto a los aumentos en la producción y productividad, estudiosos del tema han concluido que, tanto en México como en los principales países africanos y asiáticos que participaron de la R.V. a partir de 1965 (Paquistán, la India, Sri Lanka, las Filipinas, Turquía, Malasia e Indonecia, entre otros), "los grandes terratenientes han tenido mayores rendimientos y utilidades que los otros sectores agrícolas porque han controlado recursos incalculablemente mayores, no porque hayan sido más eficientes." (Hewitt, 1975:468)

En todos estos países, muchas de las consecuencias de la R.V. se pueden atribuir al sesgo de la política gubernamental en favor de la agricultura comercial; los programas de investigación que ha apoyado están encaminados a aumentar la producción, pero no centran su interés en mejorar las condiciones de vida de la población rural, ni en garantizar una distribución equitativa del ingreso y la riqueza; su estrategia se ha orientado a estimular el aumento de excedente para exportar y/o para sostener

el proceso de industrialización y urbanización; por tanto, ha canalizado los recursos a regiones con mejores condiciones ecológicas y económicas en detrimento de la agricultura de temporal.

2.3 Plan Puebla

En 1967 se puso en marcha un proyecto piloto conocido como Plan Puebla (P.P.), pues se aplicó en el valle de este estado; su propósito era demostrar que la problemática socioeconómica y política de la agricultura minifundista, temporalera y de subsistencia era posible resolverse a través de la tecnología. (18)

En ese momento, el ambiente político se presentaba bastante tenso. El movimiento campesino estaba en su apogeo, su táctica de lucha era la invasión de latifundios, que eran numerosos. Se hablaba de la existencia de 40 mil campesinos sin tierra, sólo 182 de 1554 ejidos recibían crédito del Banco Nacional de Crédito Ejidal (19) y 14% de los campesinos estaban afiliados a la CNC.

Entre los antecedentes del P.P. se encuentra la Reforma

18. Para 1960, el 92% de los agricultores del Valle de Puebla poseía menos de cinco hectáreas, por lo general tres. (Paré, 1976:37)

19. "En 1966, el Banco Nacional de Crédito Agrícola y el Banco Nacional de Crédito Ejidal, que operaban en la zona, en conjunto habían suministrado crédito solamente al 2.7% de los agricultores y para el 5.1% de las siembras de maíz." (Ibid., p. 38)

Agraria Integral, la cual pretendía reprimir las invasiones de tierras, conservar intactas las propiedades de la burguesía rural y tecnificar la agricultura. Después se sucedieron la Alianza para el Progreso, el BID y la Fundación Rockefeller.

Los objetivos del P.P. eran:

a) Aumentar en el menor tiempo posible los rendimientos de maíz, pues se partía del supuesto de que el incremento en producción y productividad redundaría en un aumento en el ingreso y, consecuentemente, se elevaría el nivel de vida de la población rural;

b) Formar cuadros técnicos capaces de operar programas similares.

c) Generar un proceso interactivo entre campesinos, técnicos e instituciones.

Concretamente, "se quería aumentar la superficie sembrada de maíz de 80 mil a 100 mil has., duplicar la producción, o sea llevarla de 104 mil ton. a 208 mil y aumentar la productividad de 1310 k/ha. La nueva tecnología consiste principalmente en introducir y orientar la producción hacia el mercado."

Después de cinco años de que el programa empezó a operar comercialmente sólo se logró aumentar la superficie sembrada en una cuarta parte del área prevista, mientras que los incrementos en productividad no redundaron en un mejoramiento en el nivel de vida ni en la tranquilidad política deseada.

Si bien es cierto que desde que se inició el P.P. el 86% de

los participantes comercializan parte de su producción de maíz (antes del P.P. sólo eran cinco personas), esto no significa que existan verdaderos excedentes. Desde que se endeudaron, muchos campesinos se vieron en la necesidad de vender parte de su producción para poder pagar el crédito al banco, aunque después tuvieran que comprar este cereal a precios superiores. Los campesinos que al vender no tenían que sacrificar el consumo familiar eran aquéllos que ya desde antes acostumbraban comercializar parte de su producto.

En estas transacciones los que resultan beneficiados son los comerciantes de la comunidad, quienes compran el maíz en tiempos de cosecha y después lo revenden a precios superiores a los mismo productores.

Entre los desatinos que impidieron el éxito del proyecto se pueden citar los siguientes:

- Zonas privilegiadas por el crédito en detrimento de otras. "Desde el primer año de su integración al Plan Puebla, la zona V absorbió la mitad del crédito, a pesar de que ahí se encontraba solamente el 15% de la población estatal del área (del P.P.) y el 13% de la población económicamente activa en la agricultura."

- Crédito y tecnología ofrecidos con condiciones políticas y organizativas selectivas. Por ejemplo, el otorgar crédito sólo a sujetos pertenecientes a un grupo que los avala, ello da como resultado la marginación de campesinos pobres que por tener mayor probabilidad de fracasar no hay un grupo dispuesto a absorberlos.

Además su escasa instrucción y "roce" con los ingenieros les impide organizar sus propios grupos.

- Recursos financieros escasos.

- Renuencia de los campesinos a adoptar una tecnología que implica riesgos. Sobre todo los campesinos más pobres temen perder tanto la cosecha como su tierra -pues el banco se las puede recoger para saldar la deuda- o, en el mejor de los casos, quedarse sin grano para su familia al tener que vender su producción para pagar el crédito.

- Conflictos en torno al poder. Se cometió el error de utilizar la estructura de poder local para implantar el P.P., pues se confió a las autoridades civiles la función de difundir este proyecto. El antagonismo entre diferentes grupos con frecuencia provoca que las facciones que no participan del poder sean excluidas o se autoexcluyan de las acciones promovidas por el grupo dominante, lo que ocurrió con las referidas al P.P.

- La situación respecto a la tenencia de la tierra. Muchos productores directos que no poseían certificados agrarios se veían desestimulados a invertir, pues tenían el temor de que ante los mejoramientos aportados a la parcela los detentadores de los títulos la reclamaran. (Paré, 1976:40)

- Desigual distribución de los medios de producción. Por ejemplo, los que no poseen yunta pueden ver mermada su producción debido a que los barbechos, siembra y escarda no los hacen en el

momento oportuno, pues tienen que esperar a que el dueño de la yunta la desocupe para poder alquilarla. Por otra parte, el acceso al riego controlado está restringido al grupo en el poder, lo que le permite obtener una renta diferencial que agudiza la polarización entre las clases sociales.

Así, Luisa Paré explica el fracaso del Plan Puebla por "la falta de conocimientos de los técnicos acerca de la tenencia de la tierra, de las relaciones de producción, de la desintegración de la comunidad debido a la incipiente acumulación de capital por parte de algunos campesinos, de la estructura del poder local y de las correspondientes facciones políticas." (Paré, 1976:36)

En 1986, a 19 años de que el P.P. se instrumentara, se realizó un estudio sobre el impacto socioeconómico del P.P. en dos comunidades ubicadas dentro de su zona de influencia: San Miguel Tianguistengo y San Juan Tianguismanalco. (Ver Aliaga Z., Tróccoli M., Espinoza S. y Macías L., 1987:175-188)

Pese a las deficiencias que se apreciaron en ese trabajo, es rescatable porque varios datos reafirman aseveraciones antes expuestas -aunque no sea el propósito de los autores- y por ser de los trabajos más recientes que, sobre los efectos del P.P., tenemos conocimiento.

El objetivo de ese estudio fue conocer el impacto de este proyecto en la percepción de ingresos y en la satisfacción de necesidades básicas. En principio se promete hacer tres comparaciones: entre las dos comunidades, entre los campesinos

participantes (de los 60 entrevistados 56.7% fueron participantes) y no participantes en el P.P. y entre la situación socioeconómica actual de los participantes en relación con la que tenían 19 años atrás. Sin embargo, termina por centrarse más en la confrontación entre comunidades y, en menor medida, entre participantes y no participantes, descuidando la comparación entre la situación de los participantes antes y después del P.P. (20)

A continuación sólo rescataremos algunos datos que confirman lo que hasta aquí se ha venido afirmando.

A través del trabajo se enfatiza que los entrevistados de San Miguel Tianguistengo (SMT) -20 participantes en el P.P. y 9 no participantes- gozan de una posición socioeconómica superior a la de los entrevistados en San Juan Tianguismanalco (SJT) -14 participantes y 17 no participantes- : En ambas comunidades poseen propiedad ejidal pero los participantes en el P.P. rentan o toman a medias otros terrenos para sembrar cultivos

20. Cabe mencionar que en la versión consultada no se hace explícita la hipótesis central, tampoco las que justificarían las comparaciones mencionadas. Se dice que las comunidades fueron elegidas por sus diferencias ecológicas y en condiciones materiales de vida de sus habitantes; pero no explican cuáles son esas diferencias ecológicas -sólo encontramos una: diferencias en fertilidad de la tierra. Por los datos sólo se puede deducir que una de las comunidades es más próspera que la otra pero no se hace un análisis profundo de las causas que expliquen esas diferencias. El estudio se limita a describir, más que a explicar. La información es confusa y se presentan de manera desordenada, algunos datos ni siquiera se enuncian, o sólo aparecen en los cuadros cuando deberían aclararse desde un principio, como por ejemplo: se informa que la muestra fue de sesenta campesinos (o familias), que de ellos el 56.7% participaron en el Plan Puebla, pero no nos aclara de antemano - sino hasta que lo descubrimos en los cuadros- qué proporción de estos participantes habitan en uno y otro pueblo.

comerciales, cuya venta provee de ingresos monetarios, mientras que el maíz y el frijol son para autoconsumo; esto es más acentuado en SMT, pues en SJT sucede lo contrario, los ejidatarios dan parte o toda su dotación en renta (21).

En 1986, en SJT se recurrió al crédito en mayor proporción que en SMT, según los autores, eso indica que los campesinos de SMT poseen mayores recursos económicos. La mayor disponibilidad de maíz -"como consecuencia de la productividad alcanzada en estos cultivos"- , zacate, alfalfa y ebo permite que en SMT críen bovinos y ovinos, mientras que en SJT sólo crían cabras porque la cubierta vegetal les provee de alimento (Ibid., p.178).

21. Pero no se aclara el porcentaje de esos campesinos que dan en renta su tierra ni el promedio de has. que rentan los participantes del P.P. Además, sería de gran utilidad saber el promedio de la superficie que cultivan, por un lado los participantes y por otro los no participantes; solo se informa que: "la superficie sembrada por agricultor es de 2.6 has. en SMT y 4.5 has. en SJT, superficie que superan los promedios anteriores a la operación del P.P." Esto es cuestionable si relacionamos estos datos con las siguientes afirmaciones: "todas las familias tienen propiedad ejidal" y "el grupo participante (¿todo?) en el P.P. de ambas localidades es el que renta o toma a medias terrenos de otros para sembrar cultivos comerciales..." entonces no nos explicamos por qué el promedio de la superficie sembrada en SMT es tan bajo si consideramos que en esta comunidad, de los 29 entrevistados, 20 son participantes, de lo cual se deduce que éstos, además de sembrar sus parcelas rentan otras para cultivar especies comerciales; juguemos un poco con cifras exageradamente bajas, si tomamos el dato proporcionado por Luisa Paré en el sentido de que, en 1960, los ejidatarios del Valle de Puebla poseían en promedio 3 has. (29×3) más las que toman en renta cada participante del P.P., vamos a suponer que en promedio cada uno renta 1.25 ha. (15 rentan 1 ha. y 5 rentan 2 has.), entonces tenemos $(29 \times 3 + 20 \times 1.25) / 29 = 3.9$ has.

Parecerá exagerado irnos a estos detalles, pero es importante cuestionar la cifra dada por los autores en la medida en que pretenden hacernos deducir que los participantes en SMT son más productivos gracias al P.P., cuando hemos visto que tienen a su favor condiciones ecológicas adecuadas.

En cuanto a los rendimientos de maíz, en SMT "solamente cuatro mantienen el rendimiento medio tradicional de hace 19 años, los demás superan esa cifra e inclusive dos campesinos (10%) rebasan los 3,500 kg/ha. En cambio en la otra localidad, 22 ejidatarios (71%) de 31 entrevistados, no ha podido superar sus rendimientos anteriores." (Ibid.,p. 179). Se afirma que estas notables diferencias entre una comunidad y otra se deben a que SMT posee suelos fértiles que posibilitan mayores rendimientos de maíz.

"El hecho de que el grupo participante en el P.P. de SJT emplee una dosis promedio de nitrógeno mayor que la usada por el grupo no participante de SMT, 98 kg/ha contra 91 kg/ha ratifica que la calidad del recurso edáfico de SMT ha sido el factor principal para que los campesinos alcanzaran una buena productividad en dicho cultivo."

Esto demuestra lo que hemos venido afirmando en relación a que los éxitos de la R.V. dependen en gran medida de las condiciones ecológicas propicias, he ahí una de las principales críticas que se le hace a la R.V.: "apostar a lo seguro".

Cabe resaltar que de los 60 entrevistados sólo dos campesinos siembran especies híbridas bajo condiciones de riego controlado, por lo cual se deduce que ellos son los que lograron superar la cifra de 3,500 kg/ha. Como vemos, existe una inequitativa distribución de los medios de producción, lo cual se traduce en una diferenciación socioeconómica entre los ejidatarios.

A continuación se reproduce uno de los cuadros que se

presentan en el trabajo que estamos analizando:

Cuadro 1

Rangos de rendimientos mayores obtenidos en una ha.
de maíz, comunidades y grupos participantes y
no participantes en el P.P.

Rangos de rendimientos de maíz (Kg./ha)	S M T		S J T	
	PPP	NPPP	PPP	NPPP
* Hasta 1,300	15.0	11.1	71.4	70.6
* De 1,300 a 3,500	75.0	88.9	28.6	29.4
* Más de 3,500	10.0	--	--	--
Tamaño de la muestra	20	9	14	17

Fuente: Aliaga Z., Tróccoli M., Espinoza S. y Macías L., 1987:175-188.

Si hacemos abstracción del 10% que obtuvo más de 3,500 Kg/ha y que son los que utilizaron semilla híbrida, podemos apreciar que las diferencias, en cuanto a rendimientos se refiere, sí se dan entre una y otra comunidad y prácticamente no existen entre participantes y no participantes. Por tanto, nos atrevemos a afirmar que la productividad alcanzada no se debe a la participación en el P.P., sino a la calidad de la tierra, y que el incremento en la productividad de maíz no es la causa que explicaría las relativas mejoras en el nivel de vida de los habitantes de SMT, sino el ingreso adicional que las familias reciben por otros conceptos. Es importante señalar que, al igual que en este cuadro, en los que se refieren a vivienda y alimentación, se aprecia gran diferencia entre ambas comunidades, no así entre participantes y no participantes.

Por otra parte, ningún ejidatario vende el frijol que produce; en el caso del maíz, de 23 entrevistados sí lo ofrecen en el mercado. Pero no se aclara si venden parte o toda su producción y en qué se destinan los recursos obtenidos de la venta (pago de crédito, compra de insumos para el ciclo siguiente, satisfactores de necesidades familiares, etc. y en qué proporción).

Los autores deducen que la reducción "considerable en emigración" es un "indicativo de que hubo una mejoría en la actividad agrícola y, por ende, en los ingresos de los campesinos como consecuencia de los cambios tecnológicos promovidos por el P.P." (Ibid., p. 177). En principio, esta afirmación resulta muy cuestionable, si tomamos en cuenta que la participación de los productores en el Plan no ha sido ininterrumpida. "La mayoría de estos participantes tuvieron relación directa de una a seis años, retirándose posteriormente del Plan, debido a las pérdidas en la producción, como consecuencia de siniestros que los endeudaba con el banco." (Loc. cit.). Además, aunque predomina la actividad agrícola, existen otras como la ganadera y la no agrícola que comprende al trabajo agrícola e industrial asalariado (22), el comercio, el alquiler de equipos y terrenos, que pueden contribuir a aumentar la percepción de ingresos.

En cuanto los recursos netos percibidos durante 1986, se

22. En SMT algunos hijos de campesinos trabajan en fábricas del D.F., "parte de sus ingresos se revierten en la economía del núcleo familiar."

estimó que 818 mil pesos anuales era la suma indispensable para satisfacer las necesidades básicas, "se encontró que sólo diez familias del grupo participante en el P.P. y tres del no participante en la comunidad de SMT alcanzaron y rebasaron este monto." Y ello se debió en buena medida a los ingresos derivados de la venta de cultivos comerciales.

Si el P.P estaba encaminado a aumentar la productividad de productos básicos, en especial maíz, y quienes lograron rebasar la cantidad mínima para sobrevivir fue gracias a cultivos comerciales, entonces, ¿cuáles son los logros de este proyecto?

En síntesis, la R.V.:

- Favoreció un proceso de expansión del capital transnacional en el sector agrícola de los países subdesarrollados vía insumos, comercialización, financiamiento y ciencia y tecnología. (Jiménez, 1990:973)

- Con la R.V., la investigación agropecuaria se ha orientado principalmente a problemas de tipo técnico bajo condiciones ecológicas y económicas controladas.

- La adopción de estas técnicas exigían de grandes inversiones de capital así como de las mejores condiciones ecológicas, condiciones que sólo podían ser cubiertas por terratenientes y empresarios agrícolas, cuyo poder político y económico les permitía ocupar las mejores zonas de cultivo, las más fértiles y accesibles, agudizando la polarización en el

campo.

- Supone un uso intensivo de la tierra, y la capacidad para utilizarla (cuando está irrigada) para más de una cosecha anual abre la posibilidad de crear fuentes de empleo. Sin embargo, ésta se vio descartada con la introducción de tractores, que proliferaron merced a facilidades crediticias otorgadas por instituciones gubernamentales.

- La estrategia impulsada por el Estado sólo contribuyó al acaparamiento latifundista de los recursos físicos, tecnológicos y financieros; control de los canales de acceso a los mecanismos institucionales de distribución de estos recursos; transnacionalización de la agroindustria; endurecimiento de los patrones de distribución social del ingreso agrícola, etc.

Entre los factores que han impedido el éxito de la R.V. Hobbelink cita los siguientes:

- Las propias características agronómicas de las variedades de alta productividad que al ser tan dependientes de insumos y agua generan un aumento en los costos por unidad de superficie cultivada.

- El nivel cultural de los campesinos que afecta su comprensión y su aceptación de las exigencias de las nuevas variedades de semilla, por lo cual los beneficios de la R.V. han sido exclusivamente para la economía empresarial.

- Los requerimientos tan altos de energía hacen a la R.V.

intensiva en capital.

Sin embargo el factor fundamental ha sido, a nuestro juicio, la política gubernamental, que al apoyarse en determinadas fuerzas sociales, elabora una política tecnológica que éstas determinan; por tanto, en el caso de la R.V. se contempló un sesgo político favorable a la agricultura empresarial.

Entre otras consecuencias de la R.V., Hobbelink enfatiza las de orden ecológico:

- Los fertilizantes y los pesticidas destruyen otras formas de vida que no son necesariamente dañinas para la agricultura. Por ejemplo se ha tendido a la desaparición de otras fuentes de proteína como caracoles y moluscos comestibles, así como tubérculos y legumbres que antes eran utilizadas en cultivos rotatorios y que las nuevas prácticas incluidas en el paquete tecnológico de la R.V. no lo han permitido.

- Se ha provocado un agotamiento masivo de las tierras por el uso indiscriminado de agroquímicos y por la ausencia de rotación de cultivos, es decir por el monocultivo, lo que no ha permitido restituir los nutrientes, fundamentalmente del nitrógeno.

- Sobre todo recalca la erradicación de variedades tradicionales, que ha derivado en una erosión genética alarmante.

Por su parte Hewitt señala que el empleo de grandes cantidades de fertilizantes provocaron la invasión de malas

hierbas, "que son un problema de poca monta en suelos de fertilidad muy baja." (Hewitt,1978:44) Además, el microclima acondicionado para la producción de trigo se volvió más favorable a enfermedades y plagas. Por ejemplo, en el caso de los insectos, el áfido inglés de grano "se volvió agresivo y ocasionó graves pérdidas siempre que las condiciones climatológicas operaban adversamente en sus depredadores naturales", cuando nunca antes había representado una preocupación en el aspecto económico.

C A P I T U L O I I I

LA BIOTECNOLOGIA EN LA AGRICULTURA

1. Breve historia de la biotecnología: definición, desarrollo y aplicaciones.

Con la nueva biotecnología asistimos a la materialización de seres, productos y procesos que antes sólo eran posibles en la ciencia ficción, y que ahora están revolucionando todas las esferas de la actividad humana. De ahí la importancia de dedicar este capítulo al descubrimiento de las particularidades y potencialidades de las biotecnias, en especial de aquéllas que hagan posible la confrontación con la Revolución Verde: las de la biotecnología vegetal.

Posiblemente sería una exageración afirmar que existen tantas definiciones de biotecnología como aplicaciones potenciales de la misma, lo cierto es que hay tantas como los fines que con ella se proponen lograr, a continuación enunciaremos algunas elaboradas por organismos internacionales y estudiosos del tema.

La palabra biotecnología se compone de dos términos: BIO, del griego bios, que significa vida, de donde derivó la palabra biología, ciencia que estudia la vida; y tecnología, del griego technología.

"La biotecnología es una ciencia de la naturaleza, cuyo objetivo es la ingeniería de los seres vivos. Utiliza la materia viva para degradar, sintetizar y producir bienes (bioconversiones, biosíntesis) que mejoren el rendimiento económico en la actividad agronómica o industrial. Hace uso

de las enzimas libres o fijadas de los microorganismos y las estructuras subcelulares activas (biocatalizadores)." (Interface,1989:4)

"Conjunto de técnicas que tienen por objeto la explotación industrial de los microorganismos, de las células animales, vegetales y sus componentes, o bien, en resumen, la explotación 'por lo vivo' de materias en general orgánicas." (Douzou,1986:7)

"Es el uso integrado de la bioquímica, microbiología y ciencia de la ingeniería a fin de lograr una aplicación tecnológica industrial de las capacidades de los microorganismos en el cultivo de tejidos y sus partes." (Federación Europea de Biotecnología)

La biotecnología es la "parte de la ciencia y la tecnología que tiene como finalidad la aplicación de microorganismos, sistemas y/u procesos industriales para la producción de bienes y servicios. (SPP,1982:9)

Para Steve Prentis, el rasgo esencial de la biotecnología es que utiliza microorganismos o células obtenidas de animales o plantas, pero excluye aquellas actividades que comportan plantas o animales completos, como el cultivo del trigo o la cría de ganado. (Prentis1986:6) Es el conjunto de técnicas que emplea a los seres vivos o partes de éstos para la fabricación o modificación de un producto.

"Es la aplicación de la ciencia y la ingeniería al procesamiento de materiales por agentes biológicos para la generación de bienes y servicios.

"Es la manipulación de los organismos vivientes para alterar sus características hacia la generación de un producto.

"En pocas palabras, la biotecnología es el uso de organismos vivos para nuestro beneficio." (Lozoya,1990) A esto podríamos agregar que la finalidad de la biotecnología es producir más, de mejor calidad y al menor costo posible.

A partir de todos estos elementos podemos definir a la biotecnología como un área integrada de múltiples ciencias e ingenierías en estrecha interdependencia orientadas al estudio y transformación de microorganismos y células vegetales y animales para producir bienes y servicios de mejor calidad y a bajo costo.

La biotecnología posee un carácter interdisciplinario al sintetizar los aportes de varias ciencias e ingenierías como la química, la bioquímica, la biología molecular y celular, la ingeniería genética, la ingeniería enzimática, la ingeniería química o industrial, , la microbiología, las matemáticas, la informática, la automatización, la investigación económica, etc.

Aunque el término "biotecnología" surgió en 1960, se considera que la biotecnología moderna data desde 1929 y 1932, cuando se realizan los trabajos preliminares de Fleming sobre penicilina, y sobre todo en 1941 con la industrialización de ésta.

Así, durante la posguerra se registra un vertiginoso desarrollo de la biotecnología con el descubrimiento de los antibióticos (biorreactores) y los avances en las industrias farmacéutica y agroalimentaria (fermentaciones). Cabe mencionar que la evolución de la biotecnología no siempre fue lineal y continua, ni semejante en las distintas áreas industriales o disciplinas, sino que siguió un proceso de avances y retrocesos.

Es a partir de los descubrimientos en biología molecular - trabajos de Watson y Crick en 1953- que se inicia toda una era de "revolución biológica". Con la ingeniería genética se hace posible lo que antes sólo era imaginable en la ciencia ficción. Aunque "se incubaba" en los setentas, la celeridad con que se ha venido desarrollando en los últimos años se debe a las fuertes inversiones en la investigación.

Los métodos biotecnológicos han sido utilizados desde tiempos ancestrales, sobre todo los procesos microbianos como acontece con la fermentación para elaborar vino, cerveza, pan o queso. Conforme fueron avanzando los estudios de ciencias tales como la bioquímica, la microbiología y la genética, entre otras, se hizo necesaria la distinción entre biotecnología tradicional y la nueva biotecnología. En algunas publicaciones se habla de biotecnología de primera generación (23), biotecnología de segunda generación (24) y biotecnología de tercera generación (25). También se ha introducido la llamada biotecnología apropiada (26).

La importancia de sus aplicaciones en una amplia gama de áreas o sectores como el agrícola, el ganadero, en la industria alimentaria, farmacéutica, química, en la medicina, minería, medio ambiente, energía, informática, etc. justifica las expectativas generadas en torno a esta tecnología.

23. Se refiere únicamente a los productos de fermentación tradicionales (vinos, cervezas, sidras, productos lácteos, etc.)

24. Es la que surge a partir de 1940 con antibióticos, vitaminas, aminoácidos, enzimas, derivados del maíz, proteínas unicelulares, biopesticidas y semillas.

25. Que encuentra su sustento en la ingeniería genética o ADN recombinante.

26. "La aplicación de la biotecnología apropiada a nivel productivo consiste en la utilización de residuos agrícolas y pecuarios en procesos de fermentación para la obtención de alimentos balanceados para animales, de compuestos y abonos orgánicos que sustituyan a los fertilizantes nitrogenados; de combustible para uso doméstico o para la generación de energía eléctrica. La biotecnología apropiada, por tanto, puede constituirse en una herramienta que contribuya a mejorar el ingreso de las familias, así como a generar empleos poco calificados especialmente en el medio rural." (SPP, 1982:201) También podemos agregar que tendrá una incidencia positiva sobre el equilibrio ecológico.

Para que apreciemos la importancia y alcances de la biotecnología citaremos algunos productos que de ella se han derivado.

Existen innumerables aplicaciones biotecnológicas en el sector salud y farmacéutico, como antibióticos, vacunas, hormonas, diversas drogas y manipulación de levaduras, algas y bacterias con miras al suministro de proteínas, aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas y enzimas.

En medicina los aportes de la ingeniería genética son sorprendentes: ha posibilitado la obtención de la insulina para el uso de los diabéticos; el interferón, que combate infecciones víricas y es posible que también lo pueda hacer con el cáncer; la hormona de crecimiento creada a partir de microorganismos manipulados genéticamente, estará disponible muy pronto para uso humano pues para animales ya se utiliza. Las investigaciones en biotecnología han permitido agilizar los análisis médicos -como en pruebas clínicas para detectar el nivel de colesterol en la sangre, mejorar los métodos para el transplante de órganos, curar enfermedades hereditarias como la hemofilia, etc.

En ganadería, además de la hormona de crecimiento para aumentar la producción de carne y leche, existen vacunas contra infecciones, pero lo más sorprendente en esta área es la posibilidad de crear animales transgénicos, es decir, organismos que se les ha introducido un nuevo gene capaz de expresar nuevas características y de ser transmitido a las generaciones

siguientes; la idea es obtener mejoras genéticas en animales que representan un interés alimenticio o comercial, o su utilización como biorreactores para la generación de productos biológicos de interés social. Por ejemplo, se han "construido" cerdos, cabras, pollos y peces que sobreexpresan el gene de la hormona de crecimiento, así como conejos que producen interleucina II en leche (27). Por otro lado está la técnica del transplante de embriones que representa la posibilidad de mejorar genéticamente un hato de una generación a otra con el consiguiente aumento en la producción de leche o carne.

Así, la biotecnología promete mejorar los métodos en la cría del ganado mediante transferencia de embriones, la superovulación, la fecundación in vitro, la división de embriones y determinación de su sexo y la obtención de animales transgénicos para aumentar el ganado de raza. También ayuda a mejorar la conversión del alimento por los animales aportando aditivos alimentarios, como los probióticos que incrementan la eficiencia de la digestión; la biotecnología también contribuye a mejorar la atención veterinaria mediante el descubrimiento de nuevas vacunas para terneras y de nuevos reactivos de diagnóstico para detectar con rapidez enfermedades de animales valiosos. (Ver Chauvet et. al.,1992)

También se puede elaborar alimento barato y abundante para

27. Se han construido cerdos con un mayor contenido de tejido muscular y menos grasa pero no son fértiles y padecen problemas en riñón y corazón. En el caso de los peces se ha logrado obtener carpas de un tamaño superior al normal, sin embargo el tiempo de crecimiento no es más rápido y tal vez el costo sea igual que mantener tres carpas. (Zurita,1990:65)

ganado a partir del aprovechamiento de desperdicios orgánicos agroindustriales; por ejemplo, antes era quemado el bagazo de la caña de azúcar con un buen contenido de melaza, ahora se "recicla" mediante procesos biotecnológicos que da como resultado proteína unicelular.

La melaza también puede ser aprovechada para producir levaduras. Esto, además de proveer de alimento, ayuda a la conservación del medio ambiente; en esta área, la biotecnología permite el tratamiento microbiológico de aguas residuales (Ver Casas, 1992) y el control de la contaminación en lagunas y mares causada por el petróleo y residuos industriales. También es factible el cultivo de hongos o setas sobre desperdicios orgánicos. Por su parte, las tecnologías fermentativas pueden ayudar a la biorreconversión de diversos subproductos, como heces animales, pajas y rastrojos para producir abonos orgánicos de buena calidad, así como gas metano combustible.

Esto nos lleva a considerar otras aplicaciones en el área de energía (ver Kato, 1992), como la producción de alcohol e hidrógeno a partir de sustancias elaboradas a base de microorganismos capaces de extraer combustible del subsuelo (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2

APLICACION DE LA INGENIERIA GENETICA EN ENERGIA

Producto o proceso microbiano	Uso final
Enzimas	Proceso de manufactura
Biodegradación	Remoción de productos del petróleo
Conversión de desperdicios	Producción de metano
Conversión de celulosa	Producción de metanol
Lixivación de minerales	Concentración de uranio
Conversión de carbón	Producción de metano
Biofotólisis	Producción de hidrógeno

Fuente: SPP, 1982.

En la industria podemos citar nuevos productos para fabricar plásticos, pinturas, fibras artificiales, adhesivos, detergentes etc.

En México se han apoyado importantes proyectos como el desarrollo de una tecnología para la producción de goma xanta, espesante utilizado en la industria de alimentos, que permitirá sustituir la importación de gomas vegetales. También se está a punto de aplicar a nivel industrial una tecnología enzimática en la extracción de aceite de coco, lo que implicará que la estrategia tradicional quede superada al sustituir el uso de solventes por el de enzimas o catalizadores biológicos.

Otro proyecto que se lleva a cabo en instituciones mexicanas pretende lograr la detección temprana de enfermedades genéticas que ocasionan retraso mental; consiste en detectar cuáles son los recién nacidos que padecen "fenilcetonuria", padecimiento que

impide la asimilación de la fenilalanina, por lo que esos bebés requieren de un alimento especializado que no contenga este aminoácido.

Un grave problema que enfrenta la minería es la concentración de sulfuro de arsénico en muestras de oro y plata, que hace que disminuya el valor de estos metales porque esta sustancia deteriora los hornos de fundición y provoca daños ecológicos; además, partículas de oro pueden estar forradas por capas de carbón imposible de separar mediante recursos mecánicos o químicos. Ante ello, investigadores duranguenses han logrado en el laboratorio separar al sulfuro arsénico de la plata y el plomo y liberar a las partículas de oro contenidas en las capas de carbón petrificado, esto mediante el uso de sistemas microbianos para purificar mezclas de minerales -proceso conocido también como lixiviación microbiana- y para liberar las partículas de oro destruyendo las de carbón. (Leyva,1989:35)

También se está experimentando con cultivos para crear un alimento de una calidad superior a la de los yogures comerciales y aún caseros, lo que beneficiará sobre todo a personas con padecimientos de diabetes y úlcera.

Ya se han producido bioinsecticidas para atacar al gusano cogollero del maíz y a la palomilla del manzano. En cuanto al combate con las plagas forestales, se está investigando para producir bioinsecticidas que no causen estragos ambientales como las podas y fumigaciones.

Por otra parte, México como quinto productor de café, enfrentará graves problemas debido a que la industria cafetalera se encuentra al borde de una crisis internacional pues los consumidores están cambiando sus preferencias hacia productos - sustitutos del café- más finos, menos tóxicos y en cantidades menores a las que acostumbraban consumir. Ante esta amenaza, investigadores mexicanos, en colaboración con organismos internacionales, han realizados valiosas investigaciones que han permitido el mejoramiento industria para la calidad del café, el desarrollo de tecnologías para el abatimiento de la contaminación originada en el beneficio (28) y el aprovechamiento de la pulpa como alimento animal, todo esto mediante las aportaciones de la biotecnología.

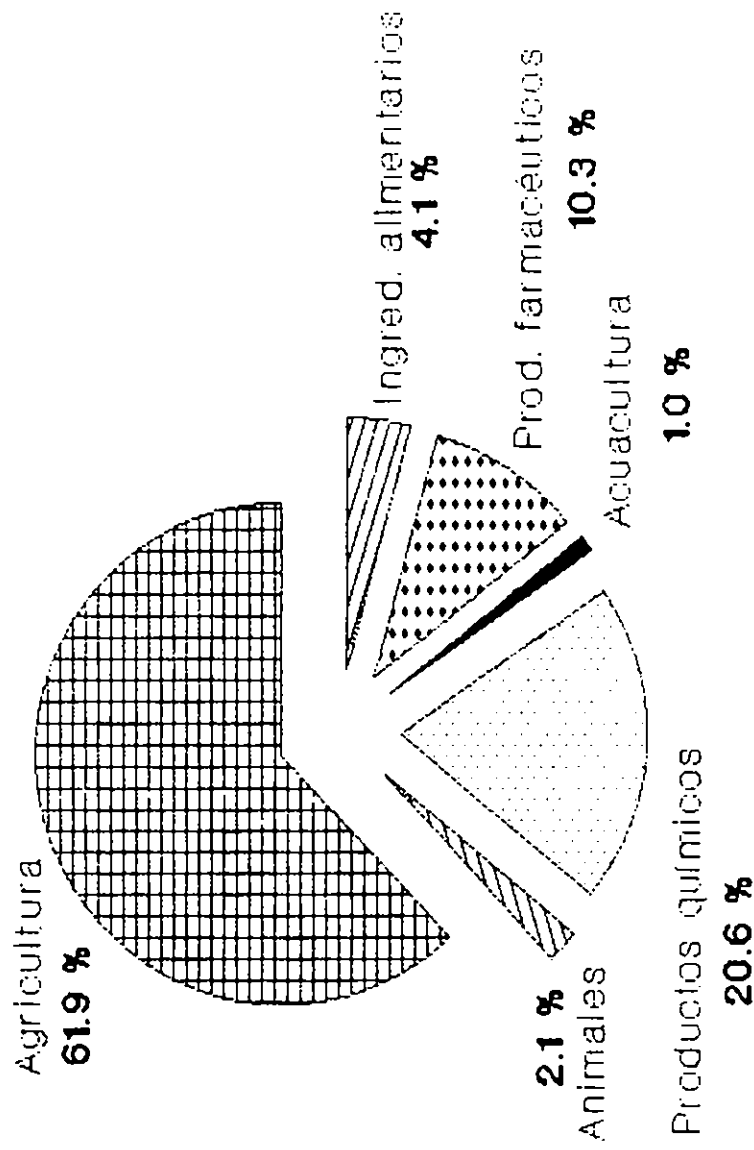
Como hemos visto, la biotecnología tiene un campo de acción sumamente amplio que permitirá el mejoramiento o modificación de procesos existentes o la introducción de nuevos productos, - algunos de los cuales sería prácticamente imposible obtenerse en ausencia de sistemas biológicos-, pero es en la agricultura donde la biotecnología tendrá un mayor impacto (Ver Gráfica 1).

Enseguida presentaremos un panorama general de la biotecnología en los países desarrollados, centramos nuestra atención en las estrategias que han implementado para lograr el potencial que actualmente poseen. Después veremos la situación que guarda la biotecnología vegetal en América Latina, para

28. Se llama beneficio tanto al procesamiento del café (despulpe, lavado, secado y molido) como al lugar donde se lleva a cabo este proceso.

DIVISION DE UN MERCADO DE 50 000 MILLONES DE DOLARES

**MERCADO POTENCIAL DE BIOTECNOLOGIA
por sectores, en % del total**



Fuente: Sondahl et. al. en: UNICSTD, boletín ATAS, vol. 1, núm.1, N.Y., nov. 1984. p. 14.
Tomado de Hobbelink, 1987.

después abordar el caso de México, antecedentes, capacidades de investigación y sus tendencias, así como los principales factores que obstaculizan su desarrollo; para ello nos basaremos en la valiosa información que nos brinda la investigación realizada por la Dra. Rosalba Casas (29) y la experiencia del Dr. Héctor Lozoya (30).

2. Biotecnología Vegetal

Si bien en la primera parte de este capítulo se presentaron varias definiciones muy amplias del concepto biotecnología, en este apartado se adoptará una que corresponde específicamente a la biotecnología que incide fundamentalmente en la agricultura: la biotecnología vegetal.

Para López y Quintero la biotecnología vegetal o biotecnología agrícola es "un conjunto de técnicas y metodologías que permiten transferir información genética de plantas y otros organismos vivos entre sí, para así obtener variedades mejoradas." (López, A. y Quintero, R., 1990:48)

Gonzalo Arroyo desglosa de la siguiente manera las potencialidades de la biotecnología en la agricultura :

- Aumento de la biomasa vegetal.
- Propagar clonalmente diversas variedades.
- Aumentar la variabilidad genética.
- Aumentar la velocidad de cambios genéticos.
- Resistencia a enfermedades.
- Identificación de microorganismos nocivos.
- Aumentar tolerancia a sequía, salinidad y condiciones adversas

29. Investigadora y Secretaria Académica del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM.

30. Investigador del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma de Chapingo y responsable del Proyecto de FITO-INIA en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales.

- Fijación de nitrógeno
- Preservar germoplasma y material genético
- Aumentar la calidad y la cantidad de proteínas y otros nutrientes. (Arroyo,1988:10)

Como podemos observar, en el área agrícola, la biotecnología promete el mejoramiento genético de plantas para lograr una mayor resistencia a enfermedades y a condiciones climáticas adversas; el aumento en el rendimiento de cosechas; la reducción de las pérdidas causadas por infestación de parásitos; disminución en costos de producción con variedades capaces de fijar el nitrógeno del aire; la obtención de nuevos y mejores abonos y fertilizantes, etcétera.

Las principales áreas de investigación de la biotecnología vegetal son: micropropagación, cultivo de tejidos de plantas, ingeniería genética y fijación biológica de nitrógeno.

"Se entiende por micropropagación de plantas la reproducción vegetativa de las mismas mediante el cultivo de tejidos y la fusión de células *in vitro*. Esto permite la producción masiva y rápida de plantas genéticamente idénticas (clones) y libres de virus." (Casas,1989:161)

El cultivo de tejidos es una técnica que consiste en un proceso de regeneración de plantas a partir de fragmentos de ellas (corteza, raíces, botones, hojas, polen, anteras, etc.), o incluso células en un medio nutritivo adecuado, permite la multiplicación masiva y rápida de especies libres de patógenos y genéticamente idénticas, las cuales pueden tener un mayor crecimiento, uniformidad y producción, en comparación con las plantas obtenidas convencionalmente - mediante semillas. (Arias,1990:50) "Puede emplearse para la selección *in vitro* de variantes genéticas resistentes a toxinas, a herbicidas y a condiciones de estrés hídrico..." (Herrera,1990:79)

El cultivo de tejidos presenta las siguientes ventajas:

- Facilita el transporte a nivel internacional por el tamaño del empaque. Además los tubos herméticamente sellados mantienen en total aislamiento al material vegetal lo que

evita que se contamine con patógenos o microorganismos adversos, causa principal de las trabas fitosanitarias para la importación de material vegetal (31).

- Existe uniformidad de métodos en todo el mundo para trabajar esta técnica.

- Si se utiliza un inóculo grande es posible reproducir muchas veces una planta de manera uniforme.

- Atención mínima. Se requiere de cuartos de incubación con regulación automática de temperatura y luminosidad, no necesitan regarse porque en el tubo de ensaye tienen su propio alimento.

- Las células cultivadas en un ambiente aséptico y a baja temperatura brinda la posibilidad de mantener los tejidos somáticos por largos periodos, esta alternativa es de gran importancia en los bancos de germoplasma.

- Posibilita una multiplicación masiva en poco espacio porque se pueden utilizar estanterías, frascos de "Gerber" o tubos de ensaye.

Pero también entraña ciertas desventajas:

- No todas las especies vegetales se pueden manipular con este sistema, hasta el momento sólo hay alrededor de 400 o 500 especies reportadas que sí son susceptibles de reproducirse por esta técnica.

- La detección de patógenos es restringida; es decir, sólo algunos microorganismos pueden ser detectados.

- El material fácilmente se puede contaminar al llevarlo al campo.

- Se puede dar una inestabilidad genética con cayosidades, con inóculos pequeños o con múltiples transferencias de la planta, cuando ésta se transfiere de un medio de cultivo a otro más fresco, lo que se hace cada tres o cuatro meses.

El cultivo de tejidos es utilizado tanto en embriogénesis como en la ingeniería genética, en este sentido es un medio para fines como el mejoramiento genético o la embriogénesis, que en cultivo de tejidos se llama embriogénesis somática: se refiere a la generación de embriones donde no interviene el sexo sino que es una cayosidad, es un tejido que no está diferenciado, que no

31. Por ejemplo, el Centro Internacional de la Papa tiene prohibido transportar especies vegetales a otros países a menos que lo haga por cultivo de tejidos.

tiene especialización de funciones y que por manipulación hormonal puede uno hacer que genere un embrión, el cual se separa, se siembra y desarrolla una planta completa, por tanto su finalidad es producir embriones iguales pues no intervienen gametos. El cultivo de tejidos es un vehículo para ese fin.

Por su parte, la ingeniería genética, conocida también como tecnología de ADN Recombinante, permite el mejoramiento genético de plantas equivalente al realizado por métodos tradicionales sólo que con otras ventajas y desventajas. Entre las primeras se cuenta la posibilidad de ampliar las fuentes de material genético portador de las características genéticas que se desea introducir en una planta, desde especies compatibles de cruzarse con plantas de interés, hasta cualquier especie vegetal e, incluso, con cualquier organismo, desde un virus hasta bacterias u hongos. Así, teóricamente se puede incorporar a una célula vegetal genes de cualquier procedencia (vegetal, animal o humana). En la planta objeto de modificación se introducen o transfieren (de ahí la denominación de "plantas transgénicas", es decir, plantas cuyo material genético ha sido modificado) solamente el o los genes de interés, pero no información genética indeseable, lo que sí ocurre en el mejoramiento tradicional. Una vez aislado el gene que confiere cierta característica deseable a una planta, éste puede ser introducido a una gran diversidad de especies vegetales en un periodo que puede ir de seis meses a dos años. La desventaja consiste en que hasta el momento sólo se pueden introducir características codificadas por uno o pocos genes, debido a que no existe información bioquímica suficiente para aislar los genes responsables de características multigenéticas, por ejemplo las que confieren resistencia a la sequía. Además, los métodos de transformación genética para algunas plantas de gran importancia económica, como los cereales no han sido desarrollados hasta la fecha. (Herrera, 1990:80)

Así, la ingeniería genética es todavía más sofisticada porque se trata de la ubicación de genes específicos. Para que esto quede un poco más claro, lo ilustraremos con el siguiente ejemplo: por decir, necesitamos dos aminoácidos esenciales de los que el país carece y que son la lisina y el triptofano, aunque hay algunos maíces que sí producen éste último, vamos a suponer que queremos que la lisina y el triptofano del girasol pasen al maíz, pero razones técnicas lo impiden: por ser de

familias diferentes, por tener cromosomas distintos, etc.

Entonces la ingeniería genética posibilitará la manipulación de cromosomas -que es el ácido nucleico que contiene los mensajes genéticos (32). Tenemos pues que el girasol codifica a esos dos aminoácidos en una parte de sus cromosomas, a diferencia del maíz que en su secuencia no la tiene. Para pasar un pedacito de cromosoma del girasol al maíz se necesita un vehículo que sería una bacteria, el caso del *agrobacterium* tiene un cromosoma adicional y su mensaje genético puede ser leído por la planta, ese mensaje genético le indica a ésta que produzca ciertas hormonas.

Sí la planta puede leer los mensajes genéticos de la bacteria, ésta es utilizada como vehículo: el mensaje genético del girasol es transmitido a la bacteria y ésta a su vez se lo transfiere al maíz. Así, "los vectores utilizados para la transferencia de los genes son frecuentemente microorganismos, o partes de ellos, capaces de aceptar genes ajenos introducidos en su estructura y de injertarlos luego en el código genético celular de la planta que infestan de modo natural." (Hobbelink, 1987:123). También se están desarrollando otros métodos de transferencia genética que implican la fusión de dos células mediante electrochoques o sustancias químicas para penetrar en ellas, etc. (UNCATD y ONUDI, 1991:4)

32. El ácido nucléico del maíz, del ratón, etc. son químicamente iguales, en lo único que varían es en secuencia de letras para descifrar mensajes genéticos.

Por tanto, la ingeniería genética consiste en pasar una pequeña parte del mensaje genético de una especie a otra. Esto es teórico, es biotecnología avanzada que necesita muchos requisitos de iniciación, terminación, codificaciones, lecturas de ribosomas y muchos otros ejercicios a nivel molecular. Además, para que esto influya en la producción hay que efectuar la clonación de las células y reproducir a gran escala toda la planta transformada, aquí interviene el cultivo de tejidos que resulta ser un complemento necesario de la ingeniería genética.

Hasta el momento, la técnica de ADN recombinante ha logrado sus mayores avances en tomate, papa, tabaco y la semilla de colza, en estos cultivos se pretende obtener variedades con resistencia a herbicidas, a las plagas de insectos y a virus; tolerantes a la salinidad, la sequía y el frío; con una calidad nutritiva superior y maduración más rápida, esto lo veremos con mayor detalle en el capítulo siguiente.

Monsanto y recientemente el CINVESTAV de Irapuato han logrado un jitomate transgénico que crea su propio pesticida. A esta planta se le han transferido mensajes genéticos de la bacteria Bacillus Thuringiensis, la planta, al leer esta información produce un cristal protéico tóxico para larvas de determinados grupos de insectos. (Basurto, Xoconostle y Alvarez, 1990:67). Así, las bacterias pueden servir como vehículos para transferir genes de unas especies de plantas a otras, como vectores de genes para clonar plantas, etc.

3. La biotecnología en los países desarrollados: algunas estrategias de desarrollo

Nos ha tocado presenciar una época de vertiginosas transformaciones políticas, sociales, culturales, y por supuesto científicas y tecnológicas, pero también lidiar contra los embates de este capitalismo "saivaje" que, con tal de lograr rentabilidad, todos los medios son válidos y la biotecnología es de los más atractivos por su importante capacidad de innovar y potencial mercantil; de ahí que se recurra a todo tipo de estrategias para desarrollarla, de ellas nos da cuenta el Dr. Daniel J. Goldstein.

En los países científicamente poderosos se da una estrecha conexión entre los laboratorios universitarios, las empresas biotecnológicas y la industria química-agroquímica-farmacéutica-semillera. Los profesores de biología molecular, inmunología, neurobiología, etcétera tienen nexos con la industria y sus investigaciones están encaminadas al desarrollo de productos comercializables (33).

El vínculo entre la universidad y la industria es tan estrecho que los laboratorios de aquélla se convierten en dependencias de ésta, no sólo para resolver problemas productivos, sino también para formar recursos humanos con perfiles requeridos por la industria.

33. Se ha observado que los científicos sin alguna relación con la industria "por lo general trabajan con indiferencia hacia las aplicaciones comerciales de sus investigaciones." (Goldstein, 1989:123)

En estos países, son los grandes investigadores los que monopolizan el poder dentro de las sociedades científicas: controlan las revistas de primera clase, integran los comités que deciden el reparto de los presupuestos nacionales dedicados a la investigación biotecnológica y establecen las prioridades y el monto del financiamiento. (Goldstein, 1989:125) Por tanto, existen políticas científicas y tecnológicas bien delineadas. En esa definición intervienen actores sociales que forman parte de la estructura de poder que defienden intereses científicos, políticos y económicos precisos. (Ibid., p.126)

Cuando apenas inicia una empresa biotecnológica se enfrenta a problemas por la falta de recursos financieros e inexperiencia productiva y comercial. La forma en que ha solucionado estas limitaciones es asociándose con corporaciones gigantes, creando lo que se ha llamado los "joint ventures": emprendimientos conjuntos donde la compañía biotecnológica recluta talentos científicos -ya sea nacionales o extranjeros- (34), pone la tecnología de punta y se compromete a desarrollar nuevos productos; por su parte, la gran empresa (agroindustrial, química, farmacéutica, etc.) aporta capital y la experiencia productiva, comercial y de negociación frente al Estado, pues sabe que ignorar la nueva biotecnología equivale a perder competitividad.

Aquí las universidades juegan un papel sustancial, pues son

34. Ella es responsable de "la gente que contrata, la gente que consulta, la gente con la que se asocia y la gente a quien explota. (Ibid., p.148)

ellas las que proveen el potencial científico. Las compañías biotecnológicas están al pendiente de lo que ocurre en las universidades de punta "para poder participar del proceso de descubrimiento que se desarrolla cotidianamente en ellas." (Ibid., p.152). Ello explica por qué las grandes corporaciones farmacéuticas, alimentarias etc. compiten por financiar institutos de investigación en centros de excelencia, pues de haber resultados ellos podrán explotar las patentes, lo que puede significar ganancias millonarias.

En las universidades, la industria puede imponer o sugerir temas generales pero no evita que los investigadores y sus alumnos dediquen tiempo a "temas triviales". Pero una vez que hay resultados, las aplicaciones tecnológicas se llevan a cabo en los laboratorios de investigación y desarrollo de las empresas, "que están hechos precisamente para eso: convertir conocimientos e ideas en productos vendibles." (Ibid., p.149)

Por otra parte, las universidades están organizadas de tal forma que no haya divisiones departamentales. Los planes de estudio en biotecnología contemplan una formación integral, multidisciplinaria, pues existe un plan básico común que, además de biología -a la cual se le dan gran importancia por partir de ella los conocimientos fundamentales necesarios para la comprensión de las demás áreas de conocimiento-, comprende biología molecular del gen y de la célula, bioquímica, microbiología molecular, genética y fisiología vegetal y animal; sólo después los alumnos escogen el área de especialización; ya

que se pretende que todos los estudiantes, aunque no vayan a ser biólogos, "sean capaces de comprender la revolución biológica que está modificando tan rápidamente su mundo."

Así pues, en los países desarrollados se implementa una estrategia concertada entre los sectores público y privado orientada al logro de la competitividad y control de mercados.

"La constitución de empresas biotecnológicas y la explotación comercial de las nuevas tecnologías han estado determinadas por intereses empresariales. El interés de estas empresas por el mejoramiento genético de plantas mediante biotecnias ha estado motivado por las posibilidades de patentar formas de vida genéticamente modificadas." (Casas, 1991)

Ahora veamos el grado de progreso que la biotecnología ha alcanzado en los países desarrollados.

El proceso de evolución de la biotecnología se divide en cuatro periodos: gestación, despegue, saturación y desplazamiento (González y Quintero, 1989:63). En ellos se van registrando cambios en actividades de investigación y desarrollo, producción y comercialización, adopción o utilización y promoción gubernamental y no gubernamental. Según consideraciones de Rosa Luz González y Rodolfo Quintero, los países desarrollados han alcanzado las dos primeras etapas, cuyos rasgos principales son los siguientes:

Características del periodo de gestación:

- Mucho esfuerzo en investigación y desarrollo y en innovación.
- Firmas pequeñas pero dinámicas y emprendedoras.
- Tecnología inmadura. Alta vulnerabilidad de las firmas.
- Fabricación técnico-artesanal con volúmenes pequeños.

- El éxito depende de la excelencia individual.
- Adopción de alto riesgo (adopción pionera).
- Demasiado esfuerzo e inversión en relación al beneficio de la adopción.
- Necesidad de promoción directa. (Zermeño R., 1984)

Características del periodo de despegue:

- Mayor madurez de la tecnología.
- Menor incertidumbre. Mayor difusión.
- Cambia de importancia y orientación la investigación y desarrollo, así como la innovación.
- Crecimiento acelerado de las firmas exitosas. Muerte de otras.
- Aumentan volúmenes de producción.
- Cambio de la estrategia empresarial:
 - * reducir ineficiencias
 - * aumentar la estandarización
 - * mantenimiento de línea diversificada de producto
 - * cambio continuo de modelos
 - * mayor especialización
 - * mayor énfasis en mercadotecnia
- Entrada de grandes consorcios.
- La adopción se da por imitación y la tasa de difusión se acelera.
- La promoción debe ser más intensa. (Zermeño, R., 1984)

4. Biotecnología en América Latina, ¿carrera contra reloj y/o con obstáculos?

Al igual que el resto de los países subdesarrollados, América Latina se enfrenta a múltiples obstáculos para lograr su desarrollo científico-tecnológico y de la biotecnología en particular.

Por un lado, las estructuras científicas universitarias son débiles; por otro, hace falta empresarios que realmente lo sean, es decir, que asuman una actitud emprendedora y aprendan a arriesgar.

Es muy cierto que la ciencia nunca será prioritaria mientras sean otras las necesidades urgentes que resolver como la pobreza y el hambre; o mientras se sigan desviando cuantiosos recursos tan sólo para el pago del servicio de la deuda externa; sin embargo, el obstáculo predominante es de corte político, por lo que nuestro atraso científico-tecnológico no se revertirá mientras no exista un efectivo interés gubernamental por incluir dentro de los objetivos nacionales el desarrollo de esa área, y eso sucederá sólo cuando la sociedad en su conjunto revalore el papel y potencial científico de nuestros investigadores; pues como afirma Roberto Varela, la población no ve en la ciencia una necesidad, ella se aprecia tan ajena a la vida cotidiana que ni siquiera existe un periodismo especializado en temas científicos. Por el contrario, entre difundir una noticia sobre logros científicos y una nota roja, se prefiere publicar esta última. (Varela, 1991)

Otro hecho importante que mantiene rezagados a países como México es el aislamiento en que se encuentran: no reciben información científica de primera mano y en el momento oportuno, y la que llega está completamente "filtrada".

Como éstos, existen innumerables (mas no insalvables) obstáculos, por ello sólo mencionaremos que en los laboratorios biotecnológicos los principales limitantes están dados en la deficiente capacitación, financiamiento insuficiente y falta de una red de información. En el cuadro 3 presentamos en orden decreciente los factores que entorpecen el funcionamiento de

los laboratorios latinoamericanos según los resultados de una encuesta aplicada en 1989 a 153 laboratorios de 15 países de la región. (CATBIO,1990:12)

Cuadro 3

	% de Lab.
- Capacitación de personal	61.3
- Presupuesto limitado	55.5
- Falta de red de información	50.8
- Falta de equipo	50.6
- Falta de revistas y libros	49.4
- Personal reducido	45.6
- Mantenimiento de equipos	33.3
- Falta de proyectos	21.5
- Infraestructura inadecuada	13.7
- Equipo obsoleto	4.1

No faltan quienes consideran que en los países latinoamericanos, como buenos agroexportadores, no hay más que desarrollar aquella parte de la biotecnología que permita lograr competitividad en el mercado internacional, pero sobre todo aquélla que no ponga en riesgo la división internacional del trabajo resultante del juego de intereses establecido por los países desarrollados. En palabras de Goldstein:

"Según los panegiristas y los filósofos de la biotecnología para el subdesarrollo, los países del así llamado Tercer Mundo tienen que dedicarse a la biotecnología vegetal, porque después de todo sus economías son agroexportadoras. Dado que generan productos agrícolas para la exportación, resulta lógico que se dediquen a mejorar sus cultivos."

Ya porque se atienda a esa lógica, ya porque los recursos no dan para más, los laboratorios de América Latina están orientados

fundamentalmente al trabajo en micropropagación y cultivo de tejidos, y en menor medida a ingeniería genética.

5. Biotecnología vegetal en México

5.1 Historia del despegue

El cultivo de tejidos es la parte de la biotecnología vegetal que más se ha desarrollado en nuestro país, por ello es conveniente conocer su evolución desde el punto de vista académico o científico.

A raíz de un convenio de cooperación científica entre México y Japón en 1971, el Dr. Takeuchi introdujo la técnica del cultivo de tejidos vegetales en nuestro país y se estableció el primer laboratorio dedicado a esta técnica en el Centro de Genética del Colegio de Posgraduados de Chapingo.

El segundo laboratorio fue instalado al año siguiente por la empresa Matsumoto especialmente para trabajar especies ornamentales.

En 1973, el Dr. Izuca reemplazó a su paisano y siguió entrenando a especialistas (que ahora ya se han incorporado en diversas instituciones importantes) además de aportar equipo e instrumental necesarios (35). En 1975 el Colegio de Posgraduados establece una relación académica con la Asociación Internacional de Cultivo de Tejidos Vegetales. Al año siguiente, la Dra. Estela

35. A raíz de estas visitas, en 1973 se editó el primer libro que trataba sobre esa técnica, pero no salió a la venta.

Sánchez, del Instituto de Química de la UNAM, se convierte en la primer corresponsal mexicana en esta Asociación. Pero es a partir de 1979 que empiezan a proliferar laboratorios merced al apoyo de la UNAM, del Colegio de Posgraduados, de la Universidad Autónoma de Chapingo y de CONAFRUT. (Lozoya,1990)

En 1980 se funda la Asociación Mexicana de Cultivo de Tejidos y varias instituciones empiezan a trabajar biotecnología de tercera generación. En 1981 se crea el Centro para la Fijación de Nitrógeno (UNAM) y surge la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, también se crea en 1982 el Centro de Investigación en Ingeniería Genética y Biotecnología (CIIGEBI), hoy Instituto de Biotecnología (UNAM).

Para 1984, Robert y Loyola reportan la existencia, en el país, de 12 instituciones que trabajan en cultivo de tejidos. En ese año se realiza una reunión nacional para contabilizar el número de laboratorios en el ramo; a raíz de esa reunión se edita el libro titulado "El cultivo de Tejidos en México" (36) coordinado por Robert y Loyola (1985). Hacia 1985 ya habían sido detectadas 24 instituciones y, en 1989, el Ing. Luis Granada Carreto reporta 43.

Se considera que entre 1983 y 1984 se establecen los primeros laboratorios comerciales como Biogenética Industrial y Mexicana de Micropropagación de Plantas, en ambos se estaba

36. Paralelamente al libro de Robert y Loyola surge otro muy conocido: el de Rodolfo Quintero, *Prospectiva de la biotecnología en México*.

trabajando multiplicación masiva de especies ornamentales (37). La comercialización de cultivo de tejidos ha estado enfocado básicamente a la micropropagación: multiplicación masiva de plantas.

Algunas de las instituciones que trabajan cultivo de tejidos son:

- * Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California (CIB).
- * Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- * CINVESTAV Irapuato. Institución que concentra a la mayor parte de investigadores y doctores.
- * Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- * El Colegio de Posgraduados de Chapingo, que cuenta con tres laboratorios: dos de fruticultura y uno de genética.
- * La Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN.
- * El INIFAP, que tiene laboratorios en distintos lugares: Aguascalientes, Toluca, Zacatepec; en Torreón trabajan vid, papas, caña de azúcar, etc.
- * CONAFRUT.
- * Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).
- * La Universidad Autónoma de Chapingo.
- * Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Unidad Zaragoza de Iztacala
- * Facultad de Química, departamento de Bioquímica (UNAM).
- * Instituto de Biología. Laboratorio de Cultivo de Tejidos (UNAM)
- * Jardín Botánico Exterior (UNAM).
- * Centro de Fijación de Nitrógeno (UNAM).
- * El Banco de México a través del Fondo de Inversiones Relacionadas con la Agricultura (FIRA); en Tezoyuca, Mor. tiene un laboratorio bien establecido con proyecciones de expansión.
- * La Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- * El Instituto de Investigaciones Nucleares.
- * La Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
- * Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral de la Comunidad Rural, del IPN, Unidad Durango.
- * La Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), que trabaja guayule, závila, jojoba, entre otras.
- * Patronato Mexicano del Maguey.
- * Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la

37. Las especies de plantas que se pueden propagar vegetativamente, o sea, sin semilla, también se pueden propagar por medio del cultivo de tejidos más o menos con facilidad. En ornamentales como claveles, crisantemos o violetas africanas basta con una hojita o con una rama para poder propagarlas.

- Universidad de Sinaloa (CICTUS).
- * Escuela Superior de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Baja California.
- * El Instituto Mexicano del Café.

Empresas privadas:

- * Biogenética Mexicana, lo que antes era Biogenética Industrial, trabaja micropropagación de ornamentales.
- * Mexicana de Micropropagación de Plantas.
- * El rancho "La Joya", que trabajó bastante en comercialización de orquídeas.
- * Instituto de Estudios, Investigaciones y Servicios Agripefor, Chapingo, S.C. (EP).
- * Flores de Tlaxcala
- * INVERNAMEX
- * Viveros Hernández
- * Héctor Garza Falcón
- * Tequila Cuervo
- * Rancho "El Morro" (Lozoya, 1985:64-65)

En la actualidad, algunas de estas instituciones ya no funcionan, en cambio existen otros laboratorios que no están reportados aquí pero que trabajan para grandes empresas "paperas" privadas.

Es importante especificar en qué cultivos se desarrolla esta técnica:

- En nueve hortalizas
- En especies hortícolas se está trabajando con cebolla, ajo, yuca y papa (para preservación de germoplasma) y con apio y nopal para micropropagación.
- En dieciocho especies frutales (fresa, piña, cítricos, etc.), muchos de éstos implican injerto y se pueden propagar relativamente fácil.
- En dieciocho ornamentales, se pueden propagar por partes de la planta, no necesariamente por semilla, entre ellas están anturios, azucenas, cactáceas (por semilla), clavel, crisantemos, orquídeas, gladiola, difenbaquias, dracemos, ficus, gerberas, helechos, rosales, violeta africana, etc.
- En tres medicinales

- Y en catorce cultivos industriales: cacao, cafeto, caña de azúcar, guayulía, henequén, jojoba, maguey, nopal, tabaco, vainillas, agave, etc.

- En especies forestales sólo hay un proyecto trabajando con pino, cedro rojo y otras especies tropicales.

- También en especies forrajeras hay un proyecto que investiga en alfalfa.

En lo que respecta a mejoramiento genético, "existen seis unidades de investigación trabajando con granos básicos (maíz, trigo, frijol y arroz); dos con árboles frutales (papaya y aguacate); dos con jitomate; uno con papa, tabaco y amaranto; uno con especies silvestres; uno con 'Agave tequilana' y 'Canavalia ensiformis' y uno con caña de azúcar." Es importante señalar que las investigaciones en granos básicos apenas están en su etapa inicial y aún tienen que resolver limitaciones científicas y técnicas para poder emplear las técnicas de ingeniería genética. (Casas, 1991:18)

5.2 Actores en el escenario biotecnológico

Después de dos décadas de trabajo en biotecnología vegetal se han distinguido impactos y problemáticas diferentes según el actor de que se trate. Lozoya identifica cuatro actores involucrados (Lozoya, 1990) fundamentalmente en la etapa de comercialización: investigadores, gobierno, empresarios y clientes o usuarios (38); cada uno inmerso en un contexto sociopolítico, económico y

38. En los países desarrollados existe otro actor que es el inversionista, se diferencia de los empresarios, en el sentido de que éste es el que instala directamente su laboratorio, mientras que el inversionista es aquel que compra acciones de un centro de investigación o laboratorio.

cultural que determina el desarrollo de la biotecnología en general, y la vegetal en particular. A continuación damos cuenta del escenario en que se mueve cada uno de estos actores en México.

INVESTIGADORES

Es importante recordar que en nuestro país, los esfuerzos en investigación básica se concentran principalmente en las universidades públicas y otros institutos de educación superior como el Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.). Existen capacidades de investigación, hay una tradición científica pero no tecnológica, puesto que aquélla no ha derivado aún en aplicaciones prácticas significativas.

Los principales científicos que encabezan grupos de investigación en biotecnología han tenido una formación académica en el extranjero, pues el panorama que se presenta en las universidades nacionales es desalentador:

- Carecen de planes de estudio que contemplen el desarrollo de biotecnías acordes a prioridades nacionales.

- El carácter multidisciplinario de la biotecnología exige que los programas de estudio articulen las diferentes áreas de conocimiento que promuevan una formación integral del investigador. Sin embargo, los existentes en nuestras universidades distan mucho de contemplar este requisito.

- Los sueldos que instituciones oficiales otorgan a investigadores no compensan la labor realizada por éstos y/o las condiciones de trabajo son raquíticas, de ahí que se registre el fenómeno de la llamada "fuga de cerebros". Esto se traduce en un número insuficiente de científicos renombrados que impartan cátedras y contribuyan a la formación de recursos humanos y a la consolidación de áreas especializadas en biotecnología. Por tanto, hay pocos líderes y grupos de trabajo dentro de la investigación (39).

- También el "secuestro" es otro factor que afecta la formación de recursos humanos. Las compañías privadas cooptan a la escasísima gente preparada, que al desligarse de las universidades, éstas pierden la posibilidad de aprovechar su experiencia y capacidad para formar futuras generaciones.

- Según el Dr. Lozoya, otro factor que merma el incentivo de los investigadores es el que no se les pague regalías por sus aportes en fitomejoramiento, por ejemplo. Además, en caso de trabajar para empresas privadas están obligados a mantener el secreto industrial por lo que tienen que renunciar a participar en publicaciones, congresos y todo aquello que represente créditos en su curriculum vitae.

39. "En 1987 México contaba aproximadamente con un grupo de 111 investigadores en biotecnología vegetal y 123 en biotecnología agroindustrial (...) distribuidos en 62 unidades de investigación lo que indica la gran dispersión de los recursos humanos..." (Casas, 1991:11)

- Tradicionalmente ha existido una desvinculación entre la universidad y la industria, lo que contribuye a que aquélla cuente con escasos recursos financieros para la investigación.

Entre las causas que explican esa desvinculación está el desconocimiento por parte de los empresarios (asociación de agricultores, casas productoras de semillas, viveristas, floricultores, agroindustrias e industria farmacéutica) de la existencia de esos proyectos, y muchas veces aún conociéndolos se muestran indiferentes por no representarles ganancias inmediatas y garantizadas. También se debe a que el investigador selecciona el objeto de estudio de sus investigaciones guiado por inquietudes personales sin tomar en cuenta los programas institucionales -si es que los hay podrían indicarle cuáles son las necesidades nacionales en alimentación, salud o medio ambiente-, las demandas tecnológicas del sector productivo o las posibilidades de comercializar el producto de sus investigaciones. Tampoco intenta motivar a la iniciativa privada a que utilice sus logros.

- Aunado a esto existen otros vicios que, a juicio del Dr. Lozoya, serían las tradiciones institucionales respecto a la orientación que se da a la investigación. Por ejemplo, la Universidad de Chapingo, al ajustarse a su lema: "universidad democrática, crítica y popular", ha rechazado proyectos que incluyen la participación de grandes inversionistas -como los productores de manzana de la sierra de Chihuahua o los de papa de Toluca- por no mencionar explícitamente a los campesinos pobres.

En el Colegio de Posgraduados el lema es la ciencia, y en su honor han rechazado convenios para producir, por decir, un millón de plantas pagándoseles cada una a mil pesos, por dar una cifra. Su negativa se debe, según ellos, a que su principal función es la investigación, la ciencia, la enseñanza académica; por tanto, no quieren saber nada de comercialización. "Son tradiciones institucionales que las estereotipan y que representan problemas u obstáculos que se han venido arrastrando, y mientras sigamos siendo alimentados por el gobierno seguiremos encasillados en lo nuestro." (Lozoya, 1991)

"En el mundo subdesarrollado los mejores científicos siempre se caracterizaron por su 'pureza', su 'altruismo', o la falta de interés comercial respecto a sus investigaciones." (Goldstein, 1989:122)

Sin embargo, vale señalar que esta situación se está transformando, ahora se observa una creciente preocupación de las universidades por vincularse con el sector productivo, ya por necesidad, al ver reducidos sus recursos financieros debido a los recortes presupuestales dictados por la política de austeridad instrumentada desde el sexenio pasado, ya por obedecer a un modelo universitario congruente con la política económica de "principios neoliberales que suponen la primacía del mercado, el individualismo y la competencia." (Ibarra, 1992) Más adelante retomaremos este punto.

- Otro aspecto que dificulta la investigación es la ausencia de instalaciones; por ejemplo, hay muchas instituciones que aparte del laboratorio de cultivo de tejidos no tienen nada más,

como las ENEPs Zaragoza e Iztacala, el Instituto de Biología o la Facultad de Química que hacen cultivo de tejidos pero no cuentan con invernaderos o campos experimentales, lo que impide llevar a la práctica algunos aspectos de sus investigaciones, y por tanto que se comercialicen (Lozoya,1991). Además de las escuelas de agricultura o de los centros de investigación dependientes de la SARH, son pocas las instituciones que tienen campos experimentales o invernaderos. Esto también explica por qué los científicos están más enfocados hacia aspectos académicos que a la cuestión práctica.

- En lo que se refiere al ambiente de trabajo entre los investigadores, a pesar de su reducido número, no se observa una disposición para la colaboración entre ellos, por el contrario, priva una actitud de competencia, sobre todo si los colegas pertenecen a instituciones distintas (Casas,1991:11), lo que impide el intercambio interinstitucional y la difusión de adelantos científicos, también reduce las posibilidades de discusión y enriquecimiento profesional, y aumenta las probabilidades de que se dé la duplicidad de esfuerzos y desperdicio de recursos.

Además, los equipos de investigación rara vez cuentan con un investigador titular con grado de doctor (Casas,1988:136). Por otra parte, los grupos que cuentan con un solo investigador sortean la falta de recursos para contratar asistentes o técnicos integrando a estudiantes, la mayoría de licenciatura, "única opción para los investigadores de contar con alguna ayuda para

realizar la investigación." (Casas,1991:12)

Lo que hemos descrito no sólo sucede en este campo, al contrario, lo que vemos aquí es reflejo de la situación que priva en otros campos de la ciencia a nivel nacional, esto contrasta enormemente con las condiciones que imperan en países desarrollados; tan sólo en el número de personal dedicado a la investigación "la empresa estadounidense Dupont tiene contratados a 5 mil doctorados sólo en el ramo de la química, (mientras que) en México el Sistema Nacional de Investigadores cuenta con 4 mil 684 miembros de todas las disciplinas." (Rodríguez, La Jornada, 22 de junio de 1990)

GOBIERNO

En nuestro país, el gobierno es el principal agente que respalda la investigación, es el principal inversionista y orientador de su aplicación y política.

Las principales instituciones involucradas en política sobre biotecnología vegetal son:

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
- Secretaría de Educación Pública (SEP)
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)
- * CONAFRUT e INIFAP.

Como ya hemos mencionado, existe una débil estrategia política en materia de ciencia y tecnología (40), que además

40. El grado de importancia que se da a este renglón se refleja en monto del gasto público que se le dedica; de acuerdo con estimaciones recientes, menos del 0.1% del PIB se destina a la investigación (Nafinsa). El presupuesto gubernamental para

carece de continuidad conceptual y de agilidad operativa. Tan es así que el Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico (PRONDETYC, 1982-1988) contemplaba a la biotecnología como una prioridad, ahora el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica (1990-1994) ni siquiera la menciona, como los demás programas, se limita a expresar meras generalidades totalmente acordes a los designios del mercado.

Tampoco la política del CONACYT contempla áreas prioritarias como acontecía en el sexenio pasado, ahora apoya cualquier proyecto de investigación e institución que cumpla con los llamados criterios de excelencia, sin importar entonces si los resultados de aquélla tendrán o no una trascendencia social.

Lo que sí es significativo es el nuevo papel que al CONACYT se le ha asignado: el de "propiciar la vinculación entre los investigadores, los centros de investigación y desarrollo, la comunidad académica y las empresas" (41) con el fin supremo de modernizar la planta productiva del país para competir en esta nueva división internacional del trabajo entre países y regiones, "para alcanzar, de manera sostenida y estable, la elevación de la productividad y el crecimiento" que responda a esta integración global de mercados y procesos productivos. (Alzati, 1991)

apoyar casi toda la ciencia y tecnología mexicanas durante 1990 es equivalente al precio de tres aviones Stern de la Fuerza Aérea estadounidense que a raíz de la suspensión de la guerra fría fueron desechados. (Declaración del exdirector de Conacyt, Manuel Valerio Ortega Ortega a La Jornada, 22 de junio de 1990).

41. Precisamente en el área de desarrollo tecnológico del CONACYT se instrumenta el Programa de Enlace Academia-Industria.

Esta nueva función del CONACYT (la de servir de enlace entre el investigador y el empresario) es muy importante, ya que el descuido en que el gobierno federal ha mantenido este renglón ha provocado desarticulaciones, rezago y dependencia; sin su participación, no hay instancias que difundan, integren y coordinen los diferentes grupos de investigación entre sí y con la industria. Sin embargo, es necesario detenernos aquí para llamar la atención sobre los riesgos que la vinculación universidad-industria conlleva: las instituciones de educación superior se exponen a una subordinación que desvirtúa su función de ser generadora de conocimientos para atender reclamos estrictamente mercantilistas, que a su vez refuerzan la ya creciente privatización del conocimiento.

"Una política sustentada en la razón instrumental pone en verdadero peligro la sustancia de la universidad y la encamina a su transformación radical como fábrica productora de 'hombres útiles' y 'conocimiento necesario'. Lo demás, aquello que no se pueda vender tenderá a desaparecer 'por las fuerzas del mercado.' (...) El académico se encontrará así atrapado en un sistema que inhibe paulatinamente su capacidad de libre pensamiento, constituyéndose un feroz 'mercado académico' gobernado por la lucha de individuos y grupos por recursos escasos." (Ibarra, 1992:26)

Prosigamos. En el aspecto político se observan muchas fallas. Al no haber una política sobre biotecnología no se sabe hacia dónde vamos, ni qué es lo que queremos. Tan sólo para darnos una idea de los desatinos gubernamentales, baste señalar la experiencia que se vivía en CONAFRUT, hoy desaparecido. Ahí, con frecuencia se fijaba una meta, por ejemplo producir cinco millones de plantas de fresa mediante cultivo de tejidos; cuando

apenas llevaban 300, se cambiaba la orden para producir mejor ornamentales; después se interrumpía nuevamente el proceso porque lo prioritario en la zona eran las vainillas, el resultado era una inestabilidad tremenda, sin contar el despilfarro de recursos. (Lozoya)

Ante esta indefinición de prioridades, en cuanto a qué cultivos y qué técnicas desarrollar, es frecuente la duplicidad de investigaciones; esta falta de comunicación se ha traducido en desperdicio de recursos. (Casas, 1991)

La ausencia de una selección y definición de prioridades a nivel nacional en investigación o en cuanto a desarrollo de las técnicas ha propiciado que, como ya se ha mencionado, cada investigador defina, según juicios personales, qué es más importante investigar, si algún colorante, medicamento o algún perfume que pueda producirse vía cultivo de tejidos; para otros, lo más importante será la propagación de agaves, o del maguey u ornamentales. Cada quién establece sus prioridades en ausencia de un programa nacional de biotecnología que las concretara. Entonces se hace ciencia por intereses personales en el sentido estricto académico, de tal suerte que la mayor parte de las investigaciones que se realizan no se originan de una demanda previa de la industria o de la sociedad en general.

Al no establecer prioridades en cuanto a cultivos y técnicas se pierde de vista al usuario que finalmente va a ser favorecido por ellas. Con ello se caería en el mismo error en

que incurrió la Revolución Verde: pensar que la técnica por sí misma solucionaría todos los problemas sin considerar la estructura socioeconómica donde se aplica. De no considerar anticipadamente al sujeto favorecido se cae en el peligro de fomentar técnicas polarizadoras. Por ejemplo, promover únicamente el desarrollo de cultivo de tejidos, sólo porque en ésta área es donde se han registrado más avances, resultaría muy peligroso desde el punto de vista social, pues esta técnica está destinada básicamente a ornamentales, frutales, cultivos industriales, pero no representa una solución a cultivos básicos. Por tanto, sólo se favorecería a la agricultura empresarial, mientras que los campesinos y ejidatarios seguirían marginados.

En materia de legislación también se observa un gran retraso. Algunos fitomejoradores interesados en conocer las regulaciones para el material producido *in vitro* han asistido al Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), ahí consultan reglamentos, estatutos, leyes de cuarentena, etc. y se encuentran con que en ningún lado se menciona algo sobre cultivo de tejidos. También se ha dado el caso de que personas de sanidad vegetal, de la otrora Dirección de Sanidad Vegetal, buscan la asesoría de los investigadores al no saber qué decisiones tomar cuando se les presenta, por ejemplo, el caso de que alguien quiera importar plantas en cultivo de tejidos, como no hay reglamentaciones en este tipo de importaciones no saben qué hacer. Vemos pues que no hay una regulación definida en sanidad vegetal, ni en el SNICS, ni en el

Comité Calificador de Variedades de la SARH. Tampoco hay una regulación jurídica que proteja nuestros recursos fitogenéticos, lo cual engendra un serio problema como se verá más adelante.

Así, desde el punto de vista de las importaciones, la ausencia de regulaciones es un serio problema. No hay estándares de seguridad, no hay algún requisito mínimo de importación de biotecnología, ni protección a los laboratorios comerciales nacionales, ni de nuestros recursos fitogenéticos, etc.

EMPRESARIOS

Desafortunadamente, son contados los empresarios informados y emprendedores que arriesgan capitales en nuevas tecnologías. Por lo general, no financian proyectos de investigación que impliquen un alto riesgo, sólo apoyan aquéllos que garanticen una rápida recuperación de sus inversiones y que tengan asegurado un mercado.

En materia de biotecnología, la inversión industrial es reducida debido a que la mayor parte de los procesos y productos aún no logra demostrar una seguridad en cuanto a la obtención de rentabilidad. Además, como ya se mencionó, muchos de los proyectos de investigación son desconocidos, producto de la desvinculación universidad-industria, que a su vez redunda en la falta de financiamiento para la primera y dependencia de tecnología extranjera para la segunda. El hecho es que tradicionalmente la industria nacional ha preferido importar bienes de capital y productos intermedios, por representarles -en

un principio- menores costos, que invertir en investigación. Ahora, se ha dado una "dependencia masiva y no selectiva".

De acuerdo con las investigaciones de la Dra. Rosalba Casa, de 38 unidades de investigación entrevistadas que trabajan en biotecnología vegetal sólo siete se encuentran vinculadas con el sector productivo. (Ver Cuadro 4)

Como se ha mencionado, en los ochentas surgieron muchos laboratorios comerciales, pero también muchos de ellos han experimentado serios problemas que culminan en el fracaso.

Un factor importante que ha obstaculizado el desarrollo de estas empresas ha sido la falta de tradición comercial en el ramo. Tenemos por ejemplo la tentativa de la Casa Pedro Domeq o la del Grupo ALFA, que aunque contrataron administradores y técnicos -floricultores colombianos- fracasaron por no tener una tradición en la horticultura ornamental, por desconocer el tipo y manejo del mercado. Incluso Biogenética Industrial -ahora Biogenética Mexicana- sufrió muchos descalabros por no tener la experiencia requerida, mientras que en el caso de Mexicana de Micropropagación de Plantas, el dueño había sido productor de crisantemos durante 10 años, por tanto conocía su negocio. (Lozoya, 1990)

CUADRO 4

BIOTECNOLOGIA DE PLANTAS:
VINULACION CON EL SECTOR PRODUCTIVO

Unidades de Investigación	Sector Público	Sector Privado	Procesos Biotecnológicos
Instituto de Biología, UNAM	SEQUE		-Micropropagación de cactus orquídeas para prevenir su extinción.
Laboratorio de Biotecnología- Centro de Genética- Col. de Posgraduados	FAPATUX		-Micropropagación de pinos seleccionados.
Instituto de Biología-UNAM		VITRUM	-Micropropagación de Toloache (Datura Innoxia).
Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán		Tequila Cuervo	-Micropropagación de Agave Tequilana.
Laboratorio de Biotecnología- Centro de Genética- Col. de Posgraduados	CNO		-Micropropagación de Agave Potatoris.
CINVESTAV-ISA	CASAMEX		-Resistencia del tabaco a virus.
Centro Agrícola Experimental- Zacatepec	INIFAP		-Mejoramiento genético del jitomate.

Fuentes: Datos clasificados de entrevistas personales y cuestionarios enviados a biotecnólogos de octubre 1989 a junio de 1991. CASAS, 1993.

Como se ha mencionado, en los países desarrollados, para solucionar este problema, se recurre a la formación de los "joint ventures" (asociación de una o varias corporaciones gigantes del sector químico-agroquímico-farmacéutico-semillero con una pequeña compañía biotecnológica). Así, la gran empresa aporta el capital y la experiencia comercial mientras que la pequeña subsidiaria en biotecnología proporciona su capacidad de hacer (el "know-how"). Generalmente estos laboratorios son para autoconsumo, no para ventas directas al exterior.

Por otra parte, la experiencia comercial no sólo es necesaria para introducir el producto en el mercado, sino también para poder ahorrar recursos en el proceso mismo de investigación; al respecto, la mayoría de los investigadores y técnicos nacionales poseen una gran experiencia académica pero carecen de la pericia comercial, lo cual también puede contribuir al fracaso de algunas empresas, veamos. Se han dado casos, muy raros por cierto, de que algunos empresarios han acudido a las universidades en busca de orientación para establecer un laboratorio comercial. El técnico o el científico da una asesoría meramente académica, desentendiéndose de los costos, por carecer de esa experiencia comercial; por ejemplo, recomiendan la compra de sacarosa o glucosa, cuando muy bien se pudiera utilizar azúcar comercial que es diez veces más barata; o hacen que la empresa adquiera miles de tubos de ensaye cuando pueden sustituirlos por frascos de "Gerber", lo que representaría un significativo ahorro. También podría sustituir los caros equipos

de esterilización por ollas de presión para cocina u otras soluciones baratas; se podría reemplazar el agar-agar con algodón o puentes de papel, etc. (Lozoya, 1985:68). Esto significa que emprender proyectos que tengan como finalidad la comercialización acatando las recomendaciones del conocimiento académico que carece del respaldo de la experiencia comercial, pueden estar condenados al fracaso (42).

Otro aspecto que orilla al fracaso o, desincentiva inversiones en investigación ha sido la ausencia de regulaciones:

1° El productor de una planta mejorada no puede registrarla porque la regulación no contempla cultivo de tejidos.

2° Las leyes no protegen al productor nacional, pues se da libre acceso a la importación de materiales de cultivo de tejidos, que bien se pudieran producir internamente. Al estar abiertas las fronteras no se protege al mercado nacional.

3° Falta de mecanismos para otorgar créditos. Se han dado casos que ante solicitudes de crédito para establecer laboratorios-comerciales, el FIRA u otros bancos no saben qué hacer pues sus regulaciones no contemplan los requisitos mínimos para otorgar crédito a este tipo de empresas; por tanto, pocos han instalado sus laboratorios con crédito oficial. Por ello,

42. Algunas empresas todavía tienen gradilla, reactivos y cristalería sin usar porque el académico pidió cantidades industriales, cuando sólo se necesitaba la cuarta parte de la cantidad comprada.

sólo sobreviven laboratorios de cultivo de tejidos que surten a grandes empresas consolidadas, o que tienen otras fuentes de ingreso, como es el caso de "Viveros el Morro" que cuenta con un laboratorio en cultivo de tejidos, pero su principal ingreso lo obtiene de la venta de plantas de follaje, el laboratorio sólo respalda esa producción.

Desde el punto de vista empresarial, en México tenemos ventajas y desventajas, entre las primeras se considera la baratura de la mano de obra y la cercanía a un mercado tan importante como el de Estados Unidos, lo cual reduce costos en transportación; la gran desventaja es que dependemos de nuestro vecino para obtener el instrumental, sustancias y aparatos requeridos. En el mercado nacional hay algunos reactivos de importación que de comprarlos aquí tendrían un costo hasta diez veces más alto que en su lugar de origen. Por eso se prefiere importarlos directamente, y para reducir el tiempo que tardan en surtirlos se paga por anticipado -así se evitan retrasos hasta de cuatro meses en la entrega- y se recoge el pedido en la frontera.

Otro de los factores que obstaculizan el óptimo funcionamiento de los laboratorios es la exigencia de confidencialidad por parte del empresario. Entonces se dan expectativas encontradas. Por una lado, los científicos están interesados en asistir a congresos y presentar los resultados de sus investigaciones -lo que significa puntos para el Sistema Nacional de Investigadores- y por otro, el empresario exige que

los logro alcanzados por sus investigadores sean absolutamente confidenciales.

CLIENTES O USUARIOS POTENCIALES

Se ha mencionado ya que el pequeño campesino o agricultor de subsistencia no va a ser directamente beneficiado por el cultivo de tejidos, tal vez a largo plazo, pero de momento no. Se habla de unos 15 años para que pueda surgir una variedad de maíz resistente a la sequía o salinidad, pero actualmente el cultivo de tejidos no da soluciones inmediatas a estos problemas tan añejos.

Los clientes o usuarios potenciales inmediatos están en la industria. La industria del papel, por ejemplo, está interesada en el cultivo de tejidos en la medida en que posibilita la rápida y barata propagación de pinos, eucaliptos y otras especie maderables. El Colegio de Posgraduados tiene un programa más o menos amplio en estas especies. Tequila Sauza pagó una investigación bastante cara que resolviera la metodología para incrementar la producción de agaves, pero aún no hay resultados concretos. Bioquimex demanda el trabajo del cultivo de tejidos para metabolitos secundarios. O los grandes empresarios florícolas interesados en micropropagación de especies ornamentales.

5.3 Perspectivas

Hasta el momento casi no hay, o existen muy pocos productos de la biotecnología mexicana en el mercado y por tanto también pocos usuarios. Ha habido dificultades para comprobar la viabilidad de la investigación nacional en esta área. Pero en un intento por orientar un poco a los sujetos encargados de definir prioridades nacionales en biotecnología, Lozoya propone una clasificación de los cultivos de acuerdo a problemas agrícolas, económicos o potenciales, en los que aquélla podría incidir. (Lozoya, 1991).

A) Problemas agrícolas urgentes donde la biotecnología pudiera ser una alternativa de solución:

- Café. Primer producto agrícola de exportación y la tercera fuente de divisas después del petróleo y del turismo, ocupa 550 mil trabajadores, es cultivado en grandes fincas de más de 400 has. (10% de las plantaciones) y se integra fácilmente a los sistemas tradicionales: escasa tecnología e incluso métodos indígenas -85% de las unidades de producción tienen menos de 2.5 has.- (Pasquis, 1989:19). A principios de los años ochentas sufrió una enfermedad devastadora que es la roya amarilla del café. La biotecnología pudiera generar variedades mejoradas resistentes a esta enfermedad.

- Plátano. Este cultivo es seriamente afectado por la "sigatoca negra del plátano", enfermedad que ha dejado sentir sus estragos en Tabasco, ahí se gastan grandes fortunas en su control y aún así el cultivo sigue siendo rentable. El único inconveniente de mejorar este cultivo mediante la biotecnología es que no lo deja muy estable genéticamente.

- Agave. La reproducción de este cultivo en condiciones normales es bastante lenta, ante este problema la micropropagación representa una respuesta.

B) Otro grupo de cultivos con problemas intermedios son:

- Papa. Por medio de la micropropagación es posible obtener variedades sanas, es decir, libres de patógenos.

- Jitomate. Cultivo de gran importancia comercial en el que ya se han logrado producir variedades mejoradas genéticamente, que son productoras de su propio pesticida, proceso explicado anteriormente.

- Cítricos. La biotecnología puede ser utilizada en la protección de materiales sanos.

- Ornamentales. Con micropropagación y cultivo de tejidos se puede lograr una multiplicación masiva y rápida.

C) Si bien es cierto que el cultivo de tejidos puede dar respuesta positiva a los productos mencionados, no resuelve problemas urgentes en cultivos básicos, la posibilidad de utilizar el cultivo *in vitro* en estos cultivos es remota por ahora, pues el sistema de siembra por semilla resulta más práctico y económico. Por tanto, los granos básicos se encuentran clasificados dentro del grupo no favorecido a corto plazo por la biotecnología:

* Maíz	* Trigo
* Frijol	* Arroz

Aunque el cultivo de tejidos es la parte de la biotecnología vegetal en la que más hemos avanzado, y que abre una amplia gama de soluciones a especies como las antes citadas, es necesario reconocer que esta técnica todavía resulta cara por la cantidad de recursos que absorbe en renglones como entrenamiento de personal, infraestructura, insumos, etc.

C A P I T U L O I V

BIOTECNOLOGIA Y REVOLUCION VERDE

Especificidades y Divergencias

Numerosos estudios se han encargado de comparar a la biotecnología con la R.V. y destacar los aspectos comunes; sin embargo, estos rasgos que ambas comparten no hacen desaparecer sus profundas diferencias cualitativas. En la medida en que expliquemos estas diferencias podremos prever y comprender el lugar y el papel que desempeñará la biotecnología en el devenir de las sociedades.

1. El rostro humano de la biotecnología frente a la R.V.

En este apartado pretendemos rescatar los aspectos que muestran el "rostro humano" (Schumacher, 1973) de la biotecnología con respecto a la Revolución Verde; es decir, destacar las potencialidades de aquélla que de desarrollarse contribuirían a dar respuesta a necesidades sociales (terreno del deber ser) que aquejan al sector agrícola (43), o con otras palabra: fungiremos como "abogados del diablo". Después se intentará mostrar "la otra cara de la moneda" (¿terreno del ser?) al reconocer las amenazas o peligros que entrañan las tendencias que actualmente se observan en el desarrollo de las biotecnias. Así, la intención

43. Por supuesto que además del desarrollo tecnológico tendrían que darse las condiciones políticas y económicas para que la biotecnología produzca los efectos socioeconómicos esperados.

no es satanizar ni hacer apología de estas tecnologías, tan sólo queremos puntualizar aspectos contrastantes que nos permitan advertir las diferencias entre la biotecnología y la Revolución Verde, y un medio puede ser comparando ventajas y desventajas entre ambas. De esta forma avanzaremos hacia una justa valorización de la biotecnología, o por lo menos estaremos en posibilidad de prever algunos de sus efectos.

1.1 Transformaciones tecnológicas

La primera y gran diferencia es que tanto la biotecnología como la R.V. son producto de momentos históricos diferentes y, por tanto, de distintos niveles de desarrollo científico que imprimirán caracteres particulares a las variedades de plantas que resulten de las investigaciones.

En lo que toca a la R.V., las variedades de alto rendimiento que le dieron sustento, devienen de un largo y laborioso proceso científico de reproducción selectiva encaminado a crear plantas con nuevas cualidades que favorezcan el aumento en rendimientos y en producción de cereales como maíz, trigo, arroz y sorgo. Entre esas propiedades se pueden enunciar las siguientes: resistencia a ciertas plagas y enfermedades, mayor capacidad para absorber nutrimentos de la tierra y del sol, estructuras fuertes por la reducción de la longitud del tallo (44), variedades de

44. Variedades enanas que soporten mejor el peso de las mazorcas y resistan el embate del viento, del hombre y/o de la maquinaria; en arroz se lograron nuevas variedades con un tallo

corto periodo de reproducción (45), etc. Si embargo, como anteriormente hemos resaltado, el carácter híbrido de las semillas determina que las propiedades genéticas de la planta actúen sólo en la primera siembra. En caso de que los granos de esta primera cosecha se usen como semillas en los cultivos siguientes, los rendimientos podrían ser incluso más bajos que los obtenidos con variedades tradicionales, esto obliga al productor a comprar semilla cada año, estableciéndose así una dependencia irremediable hacia las empresas transnacionales comercializadoras de semillas.

Por otra parte, la bondad de estas características sólo se cumple si se cuenta con infraestructura en irrigación y grandes cantidades de agroquímicos (46). Es decir, desde sus inicios la R.V. estuvo diseñada como "un paquete tecnológico", de faltar alguno de sus elementos no se obtendrían los resultados esperados.

Por tanto, podemos afirmar categóricamente que la R.V. sólo estuvo llamada a favorecer la agricultura intensiva. No podía ser de otro modo si tomamos en cuenta cada uno de los factores y requerimientos condicionantes.

de 100 cm. o sea, de 60 a 80 centímetros más corto que las variedades tradicionales y por ello menos propensas a doblarse o "cubrirse".

45. Ello permite dos o tres cosechas anuales, es decir, hace posible un uso intensivo de la tierra.

46. Con la R.V. se registró un espectacular aumento en el uso de fertilizantes en México, en 1950 el consumo nacional de nitrógeno, fósforo y potasio ascendía a 11,700 toneladas; diez años después había aumentado catorce veces: a 168,700 toneladas, y para 1970 era de 544,400 toneladas. (Hewitt, 1976:83)

Por su parte, la biotecnología vegetal -a través de técnicas específicas como el cultivo de tejidos de plantas, la ingeniería genética y la micropropagación- posee el potencial de generar variedades de cualquier especie vegetal, y no sólo cereales, con características genética adicionales a las logradas con la R. V.

Además de las ventajas del cultivo de tejidos asentadas en el capítulo anterior, podemos agregar, o en su caso enfatizar, que con esta técnica es posible acelerar enormemente la producción, pues posibilita la propagación masiva de determinadas variedades mediante la producción de muchas copias idénticas o "clones" de plantas sin enfermedades o de una categoría "superior" (47). También permite reducir significativamente el tiempo necesario para crear nuevas variedades (48), a diferencia de la R.V. en la que, al utilizar técnicas tradicionales de cruzar una y otra vez diferentes variedades, el fitomejorador obtenía las plantas con las características deseadas después de década y media. Asimismo se podría acortar considerablemente el tiempo para observar las manifestaciones de

47. Sobre todo la técnica de cultivo de tejidos permite aislar tejidos y células individuales y hacer que crezcan fuera de las plantas de las que proceden: "Un cultivo de tejidos de no más de un centímetro cúbico puede contener un millón de células casi idénticas, cada una de las cuales tiene la potencialidad de convertirse en una planta enteramente nueva." (Hobbelink, 1987:122). Para que apreciemos mejor esto, de cada gramo de tejido inicial se han podido obtener hasta mil plantas. (UNCAD y ONUDI, 1991:3)

48. "Una empresa de los Estados Unidos declaró que, con métodos de cultivo de tejidos, podía producir nuevas variedades de habas de soja con una rapidez de un 20 a un 40% superior a la que permitían los métodos de reproducción comunes." Agricultural Biotechnology News (1986), vol. 2. Núm. 1, citado en (UNCAD y ONUDI, 1991).

genes que se han introducido a la planta, esto resultaría particularmente útil en árboles perennes que en condiciones normales tardan decenios en madurar, como las palmas aceiteras. Por otra parte, el germoplasma de algunas variedades difíciles de almacenar en forma de semilla se puede conservar mediante cultivo de tejidos; ésta técnica también facilita la reproducción y conservación de especies raras o en peligro de extinción; en definitiva, es la mejor alternativa para la operación de los bancos de germoplasma.

Si el cultivo de tejidos brinda tantas aplicaciones y, además, ha demostrado ya su valor comercial en algunos cultivos, la ingeniería genética o ADN recombinante posee alcances aún mayores, pues con la transferencia de genes deseados de un ser vivo a otro, se podrá modificar el patrón genético de plantas, animales y hasta del hombre mismo.

En el caso de especies vegetales, la biotecnología posee el potencial de crear variedades que incrementen los rendimientos, posean un alto valor nutritivo y además presenten las siguientes propiedades:

- Resistencia a sequías y salinidad.

Estas cualidades representan la posibilidad de extender la frontera agrícola al permitir que las tierras pobres se incorporen a la producción, lo que redundará en enormes beneficios si consideramos que el 63% del territorio nacional es árido, el 31% es semiárido, el 5% es semihúmedo y el 1% es

húmedo. Además, de la superficie dedicada a la producción agrícola, sólo el 9.4% de la superficie del país es de temporal excelente (que permite obtener dos cosechas por ciclo), 11% es de temporal bueno (una cosecha anual aceptable), 16.6% es de temporal deficiente (cosecha variable según condiciones climáticas) y 63% es de temporal malo (cosecha deficiente y muy riesgosa). Por tanto, la introducción de riego en un 31.2% de esta zona sería necesario, en 4.5% conveniente y sólo 1.3% de la superficie nacional no lo requiere. (Aceves, 1988:571)

Esta cualidad significa el ahorro de enormes gastos en infraestructura de riego, recursos que se podrían aprovechar en otros renglones prioritarios. De lo contrario se requerirá la instalación de sistemas de riego en un área de 100 y 150 mil hectáreas anualmente, por lo menos hasta el año dos mil. (Excelsior, 29 de marzo de 1991)

Sin embargo, no queremos decir con esto que merced a la biotecnología todas las tierras áridas serán incorporadas a la producción. No se puede generalizar, sólo podemos sostener que estas potencialidades hacen posible que recuperemos parte de la superficie antes improductiva, pero ello dependerá de los avances que se logren en determinados cultivos y del tipo de región de que se trate.

Por lo pronto, un grupo de científicos de la universidad de Stanford está tratando de incorporar genes de cactus en el trigo con el propósito de diseñar un grano que pueda resistir mejor la

seguía o requiera de menor cantidad de agua.

De desarrollarse estas potencialidades, no sólo se obtendrán ahorros económicos, sino lo más importantes: sus repercusiones sociales serán de gran alcance, pues técnicamente se abre la posibilidad de beneficiar a los campesinos establecidos en estas tierras; sin embargo, media el factor político que es contundente, es decir, la economía campesina se verá favorecida sólo si existe una real preocupación gubernamental por orientar la investigación a la solución de problemas sociales concretos y por garantizar la redistribución de sus frutos a sectores de la sociedad que hasta entonces han permanecido marginados, en especial a los campesinos.

Pero también existe el peligro de que se agudicen algunos procesos como la expansión capitalista en el agro y la concentración de la tierra. Como bien explica Ernest Feder, los terratenientes no sólo están interesados en poseer las mejores tierras; también se encuentran al asecho de monopolizar las tierras pobres y marginales (las de los campesinos) debido a que existen dos factores que permiten el incremento continuo de su valor: el aumento de la población y la demanda de productos agrícolas (Feder, 1981:221). Si a esto agregamos las posibilidades que ofrece la biotecnología de elevar rendimientos en tierras donde antes era incosteable su cultivo, ellas resultarán atractivas para terratenientes y empresarios agrícolas, sobre todo las que se encuentren más próximas a infraestructura instalada como caminos que conduzcan al mercado. En este sentido

resulta claro el vínculo entre la biotecnología y la modernización entendida por Feder como "...un mecanismo para utilizar bien peores recursos."

Asimismo las plantas tendrán la facultad de

- producir su propio bioinsecticida y
- fijar el nitrógeno del aire.

Estas dos características podrían redundar en un ahorro considerable de insumos. Es verdad que desde que se inicia la investigación hasta que se llega a un descubrimiento o invención y accesa a la etapa de comercialización lleva a veces más de veinte años, con los costos económicos respectivos; sin embargo, una vez que ya se han creado, mediante biotecnología, plantas resistentes a una plaga, su producción "resulta hasta 20 veces más barato que obtener un plaguicida, cuyo costo estimado es de 150 millones de dólares" (49).

Por otra parte, estas características permitirían la restauración de la ecología dado el grave deterioro que ha venido sufriendo con el uso indiscriminado de plaguicidas: se calcula que más de 20 mil millones de libras de insecticidas se han aplicado sobre la tierra en los últimos 25 años y que los compuestos organoclorados tardan en promedio cinco años para degradarse. (Alpuche, 1991:45)

49. GIFAP (1987). "Future of the Pesticide Industry", en Boletín GIFAP, vol. 13, citado en Trujillo Arriaga, Javier (1989). "Biotecnología agrícola, espejo de la Revolución Verde". Comercio Exterior, vol. 39, núm. 11. p. 949.

En cuanto a la segunda característica (capacidad para fijar el nitrógeno del aire), es conveniente plantear algunas consideraciones de orden técnico para poder comprender su importancia económica:

Una planta o microorganismo asimila el nitrógeno en forma de nitrato y lo convierte en proteínas, ácidos nucleicos y compuestos nitrogenados; por su parte, los animales obtienen de las plantas aminoácidos con los que ellos componen sus proteínas. Así, el nitrógeno es esencial para el desarrollo de la vida vegetal y, por tanto, de la animal. Aquél se encuentra en el aire y en las rocas primarias y sedimentarias, pero sólo puede ser aprovechado por las plantas hasta que haya sido fijado (convertido en nitrógeno orgánico) a la tierra que se encuentra cerca de su raíz por la acción de microorganismos.

Existen dos formas de fijar el nitrógeno: uno biológico, relacionado con procesos que la misma naturaleza realiza y que llevan a cabo seres vivos primitivos: bacterias y algas, y otro artificial, por la acción de fertilizantes, los cuales se hacen necesarios en virtud de que el primer mecanismo es insuficiente para la productividad que las necesidades humanas demandan; si embargo, para producirlos se requiere de costosas instalaciones y un gasto excesivo de energía -gas natural, así como gasolina para su transportación a los lugares donde se requieran- (50), además su efectividad es relativa: "El consumo total de fertilizantes se incrementó cinco veces en veinte años, mientras que para los fertilizantes nitrogenados el aumento fue de ocho veces en el mismo tiempo: de 5.2 millones a 40 millones de toneladas. Este incremento exponencial de consumo de fertilizantes en el mundo, especialmente con nitrógeno, se tradujo únicamente en un aumento anual de 3% en la producción de cereales. En resumen, la forma artificial de suplir la fijación de nitrógeno biológica significó, en 20 años, 40 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados, que costaron entre ocho y diez mil millones de dólares. Para el año 2000 se requerirá cuadruplicar la producción." (Cruz, 1988:43) Dado el aumento de la población, la demanda de fertilizantes se incrementará y con ella un gasto enorme de petróleo; además, se ha comprobado que el uso indiscriminado de estos

50. "Varios informes indican que la manufactura anual de fertilizantes nitrogenados significa el 2% del consumo total de gas natural en Estados Unidos y representa el 87% de la energía usada para preparar los tres nutrientes primarios de los vegetales (nitrógeno, fósforo y potasio). (Cruz, 1988:43)

fertilizantes empobrecen cada vez más la tierra, y con ello aumenta su demanda.

Es en este contexto que cobran importancia las investigaciones que sobre fijación biológica de nitrógeno (51) se realizan a nivel mundial.

Así, lo que se pretende por medio de ingeniería genética es lograr la simbiosis entre la bacteria y cualquier tipo de planta útil para aprovechar el nitrógeno del aire. Hasta ahora se han obtenido plantas transgénicas en alfalfa, soya y "*Lotus corniculatus*" (52). Se espera que con el desarrollo de este campo:

- a) Se obtengan bacterias que fijen más nitrógeno.
 - b) Se produzcan bacterias resistentes a determinados tipos de suelos (suelos ácidos, alcalinos, etc.).
 - c) Se obtengan bacterias que puedan infectar y fijar el nitrógeno en cualquier planta leguminosas o no.
 - d) Identificar la secuencia de ADN que ayude a hacer más efectivo el proceso de fijación de nitrógeno.
- (Rocha y De Las Peñas, 1990:82)

Hasta aquí podemos concluir que los adelantos científicos logrados hasta el momento permiten asegurar que la biotecnología posee un gran potencial que le permitirá tener un significativo impacto tanto en la agricultura intensiva como en la extensiva, ya que "contrario a la revolución verde, el control de los

51. La fijación biológica de nitrógeno la realizan bacterias de la familia "*Rhizobiaceae*", que habitan en el suelo, ellas establecen una asociación con las raíces de las leguminosas donde se forma un nuevo orgánulo, nódulo en el cual se fija el nitrógeno atmosférico en amonio, proceso que hace innecesaria la fertilización artificial y presenta dos aspectos fundamentales: se da casi exclusivamente en leguminosas y es muy específico (una especie de bacteria se asocia solamente a un tipo de leguminosa. (Rocha y De Las Peñas, 1990:78)

52. Leguminosa que en algunos países se utiliza como forraje, pero en la investigación es muy importante por ser una planta fácil de transformar.

factores externos que modulan la productividad no es químico sino genético." (Eastmond,1991:17). Mas el tiempo que tarden los frutos de esas investigaciones en llegar a su fase de comercialización dependerá, entre otras cosas, de la complejidad de la definición genética de las características deseadas. Y si la biotecnología llegará o no a resolver problemas sociales como los que agobian al Tercer Mundo dependerá de los intereses que logren imponer los actores implicado. Por lo pronto, se observa que la tendencia actual es dar prioridad a la creación de variedades resistentes a herbicidas, por depender de la manipulación de un solo gen, además de los beneficios económicos que reporta a las grandes compañías semilleras -absorbidas por farmacéuticas y químicas- que al vender las semillas garanticen también la venta del herbicida.

Esto nos lleva a hacer algunas consideraciones acerca de si la biotecnología posee el carácter de "paquete tecnológico" o no, tal como ocurriera con la R.V., veamos:

A nuestro juicio, las plantas transgénicas, producto de la ingeniería genética, por sí mismas no requieren de un "paquete" de insumos para su mejor rendimiento. Si actualmente se observa esta tendencia, ello se debe a los intereses económicos que están en juego. Lo que sucede es que las empresas transnacionales que controlan el mercado de plaguicidas y herbicidas buscan nuevas formas de ampliar sus mercados e incrementar sus ganancias, de tal suerte que, además de absorber a las compañías productoras de semillas, financian investigaciones que permitan lograr

variedades resistentes a plaguicidas, de esta manera, al vender la semilla, aseguran también la venta del agroquímico.

Por ejemplo, la Du Pont en asociación con la Northrup King Co. ya diseñaron una planta de tabaco con elevada resistencia a los herbicidas de sulfonilurea que produce la propia Du Pont; los fitomejoradores de la (N K) se encargaron de introducir a la planta un gene -propiedad de la Du Pont- que la mantiene protegida a pesar de la aplicación de volúmenes de herbicidas hasta de cuatro veces la tasa normal, mientras que, en la pruebas de campo, las plantas de tabaco sin el gene de la Du Pont fueron destruidas por el herbicida. (Agro-Síntesis, 1989:29)

Sin embargo, el argumento de las propias empresas es que a la larga lo que hace es disminuir la aplicación del herbicida, porque va a ser más exacto, más preciso y más efectivo.

Así, los argumentos apologeticos de la biotecnología, en cuanto a que el medio ambiente se va a ver beneficiado porque se pueden crear plantas que fabriquen su propio plaguicida, en este caso su herbicida, y por lo menos en cuanto a herbicida no se está cumpliendo.

2. Promesas vs. realidades

Como hemos podido apreciar, las cualidades agronómicas que la biotecnología promete adicionar a cualquier especie vegetal son sorprendentes; sin embargo, mucho de esto se queda en la tectría; hasta ahora sólo son meras promesas, para que lleguen a cristalizar en hechos reales aún falta superar importantes escollos técnicos, veamos:

- Es necesario saber mucho más sobre las enfermedades que atacan a las plantas, sobre la interacción entre éstas y las plagas y sobre los mecanismos genéticos que posibilitan mayor rendimiento y resistencia a factores ambientales adversos.

- Aún son insuficientes los conocimientos que se tienen para lograr una exitosa regeneración y multiplicación de plantas, por ello son muy pocas las especies favorecidas por el cultivo de tejidos; esta técnica sólo se ha podido aplicar en algunas plantas de hoja ancha "que crecen de las puntas de los brotes y raíces y cuyos plantones tienden a tener dos hojas" (53) (UNCATD y ONUDI, 1991:6). Por tanto, en las gramíneas, especialmente los cereales, al no poseer esas características, se ha avanzado muy poco en cuanto a regeneración.

- Se ha observado que las variedades propagadas por clonación, "tienen una base genética muy reducida que las hace más vulnerables a las enfermedades que las cultivadas en forma

53. De esto entendemos que para reproducir la planta se utilizan los tejidos de las puntas de las nuevas hojas y de las raíces.

tradicional a partir de semilla." (Ibid.,p.6)

- El proceso de detección de genes útiles es sumamente complejo, por ello sólo se ha podido identificar un número muy reducido de esos genes. Imaginemos la tarea monumental que será el clasificar cada uno de los 100 mil genes que contiene una planta (300 mil en el ser humano) y poder transferirlos a otra variedad. (54)

Ante estos obstáculos, no podemos más que reconocer que con R.V. se favorecía el cultivo de granos básicos tan indispensables en la dieta del mexicano, y que hasta logramos ser autosuficientes en este rubro; pero ahora, con la biotecnología, se privilegian los cultivos comerciales, en parte porque las posibilidades técnicas así lo permiten, en parte porque este proceso de globalización económica así lo demanda.

2.1 Biotecnología en granos básicos

Los aspectos de orden técnico no son los únicos obstáculos para que la biotecnología logre incidir en el mejoramiento genético de cereales básicos en la alimentación del mexicano; además existe otro factor que puede explicar el lento avance de la ciencia en

54. La tarea se complica porque no todos los genes tienen una característica específica de la planta, que se vea externamente, y ciertas características no son resultado de la expresión de un gen, sino de la interacción de varios. Aún cuando se logre identificar y transferir un gen a la célula de una determinada variedad vegetal, quedan dos pasos importantes, con sus respectivos problemas: a) regeneración de la planta adulta a partir de la célula transformada y b) los ensayos prácticos que hay que hacer con la planta. (UNCATD y ONUDI,1991:6)

estos cultivos, y es el de orden económico: estos cultivos han dejado de ser rentables y, por tanto, la inversión en investigación se encuentra desincentivada.

J.L. Calva explica que este deterioro de la rentabilidad es producto de la caída de los precios relativos y del incremento de los costos de producción al aumentar los precios de los bienes de capital y de insumos agrícolas con tasas superiores a los precios agrícolas y al índice general de precios (55). Además, la política económica instrumentada a partir de 1982 ha derivado en una brusca caída de la inversión pública en irrigación, fomento agrícola y crédito rural; también ha provocado una contracción de la demanda interna de alimentos y materias primas agropecuarias (al deprimir los salarios y el nivel de la actividad industrial); asimismo, el Estado, a través de la fijación de precios de garantía de los granos (56) e insumos y de la política cambiaria (57), ha provocado una evolución de las relaciones de precios muy desfavorable para la agricultura. (Calva,1988:20)

Ante este panorama, no es de extrañar que la investigación

55. "De diciembre de 1981 a diciembre de 1987 el precio de garantía del maíz se multiplicó en un 37.6 veces mientras que el precio del diesel se multiplicó en 178 veces, el de la gasolina en 82 veces y el de los tractores agrícolas en 64.3 veces." (Calva,1988:22)

56. "Los precios de garantía reales del arroz, del sorgo, la soya, el trigo y el cártamo descendieron en 1987 a cerca del 75% de los que tenían en 1978; y en el caso del maíz y el frijol a cerca de 80%." (Calva,1988:22)

57. Política que ha "encarecido la maquinaria agrícola y ha puesto al consumidor nacional de alimentos en desventaja respecto al consumidor extranjero que paga en dólares sobrevaluados." (Calva,1988:20)

se concentre en cultivos comerciales de exportación, como bien lo pudimos apreciar en el capítulo anterior. En este sentido, la actual tendencia de la biotecnología va acorde con la política neoliberal salinista: "La modernización ha de consistir en construir la versión mexicana de una sociedad posindustrial sustentada en una economía oportuna, cabal y ventajosamente integrada en las grandes redes internacionales de la producción." (Alzati, 1989:17)

A pesar de esta tendencia, no hay que dejar de reconocer los esfuerzos que se realizan en el Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.), ahí se están apoyando dos líneas de investigación orientadas hacia la producción de alimentos: a) el incremento de la capacidad fotosintética de las plantas y, b) el desarrollo de bioreguladores para aumentar la producción agrícola. Estos inducen el crecimiento de la raíz, el aumento en el tamaño del fruto, el control de la madurez de las cosechas, la regulación de la caída de las hojas, el aumento en el vigor de las plantas, etc. También se están buscando nuevos bioreguladores que sean capaces de incrementar los rendimientos en la producción agrícola mediante la ramificación de las plantas. Actualmente, se está investigando con maíz y los resultados son prometedores. Si en 1984, la producción de maíz fue de 13.8 millones de toneladas; con el uso de fitohormonas (bioreguladores) se incrementaría en 5.5 millones de toneladas anuales. (Ciencia, 1985:6)

También podría existir la posibilidad de que la biotecnología favoreciera indirectamente a cultivos de granos

básicos, pues en la medida en que ayude a aumentar rendimientos en otros cultivos, éstos dejarán de ampliar su frontera agrícola, dejando los terrenos más aptos para cultivos básicos.

2.2 Requerimientos de fuerza de trabajo

Otro importante aspecto que hay que considerar para distinguir las diferencias entre la biotecnología y la Revolución Verde sería el referido al grado de absorción o expulsión de fuerza de trabajo que genera cada una de estas tecnologías.

En cuanto al uso de fuerza de trabajo con la R.V., vale rescatar las relaciones que Griffin establece:

Con las variedades generadas por la R.V. se observó un sesgo hacia el ahorro del factor crecientemente escaso (la tierra) a través del uso indiscriminado de insumos absorbentes de una gran cantidad de energía, tal es el caso de los fertilizantes; también se vio favorecido un mayor uso de insumos materiales y menor empleo de mano de obra. (Griffin, 1974:81). Precisamente en esto consiste la irracionalidad -desde el punto de vista social- del proceso: si las semillas nuevas generan mayores rendimientos, por permitir dos o más cosechas anuales, debieran aumentar el empleo de mano de obra para la escarda y la cosecha; en lugar de esto se fomenta el uso de máquinas que absorben un factor productivo escaso (el capital) para ahorrar un factor productivo abundante (la mano de obra), con el consiguiente descenso de los salarios agrícolas. (Griffin, 1974:100). Desde luego, invertir en

capital no le afecta al terrateniente, porque recibe créditos a tasas subsidiadas.

Así, el fertilizante es en gran medida un sustituto de la tierra, mientras que la maquinaria es sustituto de fuerza de trabajo.

Sobre todo en nuestro país, los programas gubernamentales fomentaron un acelerado proceso de tecnificación agrícola entre la propiedad privada irrigada y los grandes ejidos de orientación comercial, siendo los tractores y sus accesorios "la parte más cara y prestigiosa del programa de modernización." (Hewitt, 1978:72)

En México, el efecto que la R.V. tuvo en el empleo fue el siguiente: en una primera etapa (1940), al mismo tiempo que se registraba una elevadísima tasa de mecanización aumentaba rápidamente el empleo, ya que las dobles cosechas que generaban las tierras recién irrigadas demandaban mano de obra. Ya en una segunda etapa, que se puede ubicar a partir de la segunda mitad de la década de los cincuentas, las ganancias generadas por la primera etapa de la R.V. permitieron a los empresarios agrícolas mecanizar sus explotaciones, entonces "la maquinaria remplazó grandemente a los jornaleros agrícolas y el incremento en las oportunidades de empleo bajó casi a cero." (Hewitt, 1978:75) (Ver Cuadro 5)

CUADRO 5

Relación valor de maquinaria agrícola/fuerza de trabajo agrícola,
1930-1960

	1930		1940		1950		1960	
1. Fuerza de trabajo agrícola (miles de personas)	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Total	--	--	4 055	100.0	5 046	100.0	6 081	100.0
Grandes predios privados	--	--	1 255	30.6	1 852	36.7	1 921	31.6
Pequeños predios privados	--	--	2 040	49.8	2 342	46.4	2 867	47.1
Ejidos	--	--						
2. Valor de la maquinaria agrícola (millones de pesos de 1960)	Valor		Valor		Valor		Valor	
	Porcentaje		Porcentaje		Porcentaje		Porcentaje	
Total	463	100.0	584	100.0	1 920	100.0	4 317	100.0
Grandes predios privados	456	94.4	32	5.5	85	4.4	93	2.2
Pequeños predios privados			272	46.6	1 233	67.4	2 893	57.0
Ejidos	27	5.6	280	47.9	542	28.2	1 331	30.8
3. Valor de la maquinaria por trabajador agrícola	En miles de pesos							
Total			142.5		380.5		709.91	
Grandes predios privados			216.7		698.2		1 506.0	
Pequeños predios privados			40.0		99.9		71.9	
Ejidos			137.3		231.4		464.2	

Fuentes: Centro de Investigaciones Agrarias, Cerezo de Hualte, 1978: 28.

En este caso podemos afirmar que la R.V., por sí misma, no desplazó fuerza de trabajo, sino que este fenómeno fue producto de las políticas agropecuarias impulsadas por el Estado; pues, como aclarábamos en el segundo capítulo, la maquinaria originalmente no forma parte del paquete tecnológico de la R.V., fue aquél que, siguiendo fielmente el modelo de modernización imperante en Estados Unidos, importó cantidades crecientes de maquinaria.

En cuanto a los efectos que pueda tener la biotecnología, es de preverse que afectará profundamente el nivel de empleo, sólo que el grado de absorción o expulsión de fuerza de trabajo será distinto en cada cultivo, dependiendo de la técnica empleada en su generación (cultivo de tejidos, micropropagación, ingeniería genética) y los cuidados agronómicos que exija cada uno. Por ejemplo, si una variedad genera su propio bioinsecticida y/o tiene la capacidad de fijar el nitrógeno del aire, es de esperarse que reduzca las labores de aplicación de insecticidas y de fertilizantes, pero al mismo tiempo puede incrementar otras prácticas agronómicas y demandar distintos niveles de calificación de la mano de obra.

En cuanto al nivel de mecanización que la biotecnología pueda estimular, hasta ahora no se sabe nada al respecto, pero sí podríamos anticipar que si la biotecnología logra que las plantas maduren homogéneamente puede dar pauta a que se mecanice algún momento del proceso productivo; por otra parte, dentro del cultivo de tejidos existen labores artesanales muy difíciles de

realizar por una máquina.

Así, por lo pronto, existen perspectivas de generación de tecnologías intensivas en mano de obra, como el cultivo de tejidos; en tanto que flores, frutos y hortalizas "pueden absorber en corto plazo los avances biotecnológicos y conservar su característica de emplear grandes cantidades de fuerza de trabajo." (Massieu,1990:120)

Por otra parte, la introducción de productos biotecnológicos que sustituyan materias primas también puede crear una situación adversa en cuanto al empleo. El caso concreto es el desplazamiento del azúcar por edulcorantes como el aspartame -200 veces más dulce que el azúcar-, cuyos efectos se han expresado en una reducción de las cuotas de importación de azúcar, una caída de los precios internacionales de este producto y consecuentemente una disminución en los niveles de ingresos de los campesinos dedicados al cultivo de la caña de azúcar, esto también se traduce en menores posibilidades de seguir empleando la misma cantidad de mano de obra, y la expulsión de fuerza de trabajo podría ser un recurso para disminuir los costos de producción. (Ver Castañeda,1991)

Además, los métodos biotecnológicos pueden emplear el almidón de cualquier planta rica en hidratos de carbono (como el maíz, la papa y el trigo) y, con ayuda de enzimas, producir jarabes de fructuosa o glucosa. Esto puede ocasionar que distintos cultivos compitan entre sí, en este caso caña de

azúcar, maíz y remolacha. "En la práctica esto significará la competencia entre regiones diferentes, países diferentes y productores de distintas clases." (Yoxen,1987:52) Esto no será tan grave en la Comunidad Económica Europea pues el tener una política agrícola común puede moderar algunos de estos efectos, aunque la tensión que provocarán distintos intereses estará presente. Sin embargo, entre los países subdesarrollados no existe este tipo de mediaciones, por lo que se prevé que "los efectos de esa posibilidad creciente de sustituir unos cultivos por otros serán mucho más intensos." (Yoxen,1987:52)

Yoxen nos indica otras aplicaciones biotecnológicas que pueden afectar el empleo de fuerza de trabajo; el siguiente caso es un ejemplo que, aunque incide directamente en la ganadería, indirectamente también puede tener repercusiones en la producción agrícola como veremos en los inciso 2 y 3:

Se observa que las preferencias de los consumidores se orientan a sustituir las proteínas de origen animal por las de origen vegetal (soya). Atendiendo a esto, la biotecnología, mediante la ingeniería genética, ofrece transferir genes de la caseína (que es la proteína principal de la leche) a las plantas de las cuales podría extraerse después. Aunque este proceso aún no se ha demostrado, se considera que se podría obtener una caseína más barata que la procedente de la leche. De privilegiarse esta opción, un estudio realizado estima que los efectos sobre la producción lechera de la CEE serán los siguientes:

"1) retirada de la producción de 3.2 millones de cabezas de ganado lechero (el 13% de la cabaña total de la CEE);

2) liberación de 2 a 2.5 millones de hectáreas de tierra para otros usos;

3) disminución de la demanda de cereales de pienso en unos 2 millones de toneladas al año. (...) El excedente en la producción láctea exigiría también una revisión del sistema de cuotas, y muchos más ganaderos tendrían que abandonar su explotación." (Ibid.,p.57)

Hay que tener en mente que este estudio está considerando las condiciones de la CEE, que tradicionalmente ha sido exportadora de leche, pero en una realidad como la nuestra creemos que tendría efectos distintos:

a) los niveles en la producción lechera se mantendrían, pues, por razones culturales, la población seguiría demandando este producto;

b) si se lograra que por lo menos una parte de la población acepte el consumo de plantas que contengan esta proteína en sustitución de la leche, se reducirían las importaciones de lácteos, de esta forma es posible que dejemos a otro el honor de ser el primer importador de leche en polvo a nivel mundial, y

c) El cultivo de esas plantas se vería estimulado y abriría fuentes de empleo. Sin embargo, existen riesgos muy serios: 1° que esas variedades sean patentadas, 2° que las empresas transnacionales sean las que exploten la patente, y, por lo tanto, 3° que éstas comercialicen las semillas, es decir, que se reproduzcan los vicios de la R.V. o los que se observan en la floricultura de exportación (58).

2.3 Biodiversidad

La diversidad biológica, o biodiversidad, "es un recurso enorme y subvalorado. Incluye todas las formas de vida, desde el más pequeño de los microbios hasta el más grande de los animales, y los ecosistemas que ellos integran. Es para la Humanidad una cornucopia de la abundancia de bienes y

58. Por ejemplo, los productores de rosa compran los esquejes a fuertes compañías holandesas y en el contrato que establecen aquéllos se comprometen a no reproducir la variedad que están adquiriendo, de esta forma se convierten en simples maquiladores de empresas transnacionales.

servicios que le da alimentos, energía y materiales, y hasta los genes que protegen las cosechas y curan las enfermedades." (PNUMA)

"...se refiere especialmente a la diversidad de los sistemas biológicos y sus componentes en una región. este es un concepto integrativo que considera las clases de comunidades biológicas en una región, las clases de organismos presentes en ellas y su variabilidad ecológica, genética y molecular. La definición de biodiversidad resalta el valor del potencial biológico representado por los genomas de los individuos de cada especie presente en una comunidad natural." (Armesto y Kalin, 1991:54)

"La expresión biodiversidad se limita a los aspectos biológicos y ecológicos de la diversidad de ecosistemas, de las especies y de la variabilidad genética intraespecífica de los componentes de la biosfera." (Office of Technology Assessment, 1987, citado en CEPAL, 1991)

Varias investigaciones han concluido que los principales centros de diversidad genética se encuentran localizados en el Tercer Mundo por poseer bosques tropicales densos (59) que, a pesar de que representan el 7% de la superficie del planeta, pueden contener el 90 % de la diversidad biológica.

"De esta superficie total, un grupo de 18 países posee casi el 88% de los bosques tropicales densos (Véase Cuadro 5); de estos países nueve son latinoamericanos; sus superficies sumadas en conjunto, corresponden al 53.55 % del bosque tropical denso del mundo." (CEPAL, 1991:8)

59. En los bosques tropicales densos de América Latina es posible encontrar entre 40 y 100 especies de árboles por hectárea, mientras que en los bosques del hemisferio norte sólo pueden darse entre 10 y 30 especies. (Reid y Miller, 1989, citado en CEPAL, 1991:7)

Cuadro 6

MAYORES POSEEDORES MUNDIALES DE BOSQUES TROPICALES DENSOS

País	Superficie total	Bosque denso	% del país	% mundial
Brasil	851 196	357 480	42.0	29.77
Indonesia	191 930	113 895	59.3	9.48
Zaire	226 760	105 750	46.6	8.81
Perú	128 522	69 680	54.2	5.80
India	328 700	51 841	15.8	4.32
Colombia	113 889	46 400	40.7	3.86
México	196 718	46 250	23.5	3.85
Bolivia	109 858	44 010	40.1	3.66
Papua Nueva Guinea	46 170	34 320	74.3	2.86
Myanmar	67 658	31 941	47.2	2.66
Venezuela	91 205	31 870	34.9	2.65
Congo	34 200	21 340	62.4	1.78
Malasia	33 008	20 995	63.6	1.75
Gabón	26 767	20 500	76.6	1.71
Guyana	21 427	18 475	85.9	1.54
Camerún	47 544	17 920	37.7	1.49
Suriname	16 382	14 870	90.5	1.23
Ecuador	27 067	14 250	52.6	1.19
TOTALES	2 559 071	1 061 747	41.49	88.41

FUENTE: CEPAL, 1991.

La diversidad biológica y genética (60) ha sido el resultado de un laborioso proceso que la naturaleza ha ensayado a lo largo de tres mil millones de años. Su conservación es vital, ya que proporciona la materia prima o germoplasma (61) que sirve tanto al agricultor como al fitomejorador para crear especies mejoradas que combatan las hambrunas y desnutrición. En esa selección, el campesino ha jugado un papel esencial, en virtud de que sus cuidados intensivos han derivado en la creación de una amplia gama de variedades criollas adaptables a los microclimas y condiciones agro-ecológicas de cada región.

Por su parte, la Revolución Verde aceleró este proceso de selección que si bien se ha expresado en aumentos considerables en la producción agrícola, paradójicamente también ha limitado sensiblemente la capacidad alimentaria, a largo plazo, de la humanidad. Ello debido a que fomentó un uso y difusión indiscriminados de híbridos que, en aras de una mayor producción, sacrificaron la estabilidad y la sostenibilidad de la misma, es decir, "la regeneración natural del campo para el uso de las siguientes generaciones." (Eastmond, 1991:4)

60. "La diversidad genética de un cultivo significa una adaptación a diferentes entornos y condiciones de crecimiento de las plantas", sin esta diversidad no habría posibilidad de mejoras en las variedades, y las existentes sería más vulnerables a insectos, sequías, salinidad, cambios bruscos de temperatura, etc. Por tanto, la diversidad genética impide que plaga y enfermedades dañen severamente a los cultivos. (Hobbelink, 1987:15)

61. "El germoplasma vegetal es el material genético contenido en las semillas y algunos órganos de las plantas del que dependen la herencia y la reproducción." (Martínez, 1989:24)

Estos híbridos tienen una base genética estrecha por derivarse de un reducido número de variedades o poblaciones originales, lo que provoca un alto grado de uniformidad entre sí, y, por lo tanto, padecen de una gran vulnerabilidad a plagas y enfermedades no previstas por los fitomejoradores. (Barkin y Suárez,1983:25)

Así, en la medida en que estas variedades resultaron atractivas por sus altos rendimientos, su uso se generalizó y poco a poco fueron desplazando a las variedades tradicionales. El resultado ha sido la dependencia hacia unas cuantas variedades (62), lo que se ha traducido en pérdida o erosión de la diversidad genética -en los principales cultivos alimenticios- y en experiencias trágicas (63). De tal suerte que la disponibilidad de germoplasma "con que contará la humanidad para enfrentar los diversos peligros naturales y humanos que podrían amenazar su capacidad alimentaria" es muy limitada. (Barkin y Suárez,1983:25)

Entre las medidas que ha tomado la comunidad internacional para proteger el germoplasma se cuenta la creación de bancos de

62. Una variedad de arroz llamada IR-36 se cultiva ahora en más del 60% de las tierras arroceras del Sudeste de Asia donde, hace tan sólo unos pocos años, eran comunes millares de variedades tradicionales. (Hobbelink,1987:13)

63. Tal fue el caso de la pérdida del 50% de los maizales del sur de los Estados Unidos en 1970, todos ellos procedentes de una sola variedad -que no tenía la información genética específica para resistir a determinadas enfermedades y plagas. Y la experiencia de Cuba, en 1979-80, en relación a la pérdida de más de un millón de toneladas métricas de azúcar. "La pérdida afectó sobre todo a una variedad comercial que representaba el 40 por ciento del total sembrado." (Kamal,1990:18)

germoplasma, que son instalaciones exclusivas para almacenar, en condiciones de baja temperatura y poca humedad, diversidad de cultivos que se han venido recolectando durante los últimos treinta años.

Asimismo, contra la amenaza de la erosión de la diversidad genética y de la privatización del material genético manipulado por las técnicas del ADN recombinante, se han originado iniciativas que buscan proteger el germoplasma, entre ellas sobresale la que presentó México, en 1981, ante la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en ella se proponía el establecimiento de una convención sobre recursos fitogenéticos que garantizara el libre acceso a los mismos y la creación de una red de bancos de germoplasma bajo la jurisdicción de la ONU. Por su parte la llamada "Cumbre de la Tierra" es una muestra de la preocupación de la comunidad internacional por la conservación de la biodiversidad.

Como se mencionó, con la R.V. se agudizó un proceso de erosión genética, con la biotecnología se piensa que este proceso no se revertirá, o por lo menos no tan fácilmente; pues con el cultivo de tejidos se tiene la capacidad de crear miles de plantas idénticas, lo que aumenta la uniformidad genética, y si su uso llega a generalizarse también puede dar como resultado el reemplazo y la extinción de variedades tradicionales.

Sin embargo, dado que con la biotecnología la cantidad cede su lugar a la calidad y la información ocupa un lugar central en

el proceso de valorización de los bienes naturales, entonces la biodiversidad representa un acervo de principios activos y de informaciones decisivo para el desarrollo de las tecnologías intensivas en información, como la ingeniería genética. Así, se puede pensar que esta tecnología buscará proteger y conservar los recursos naturales que amenazan con extinguirse, pues, desde la óptica de las transnacionales, perder esa información genética podría significar perder la oportunidad de amasar millones de dólares.

Los bancos de germoplasma representan un avance al respecto, pero el optimismo de los biotecnólogos no puede ocultar una realidad, y es que los principales se localizan en países industrializados (64) y, por tanto, el acceso y explotación del material genético están restringidos en su provecho. La experiencia de Afganistán ilustra claramente esto, pues "por razones meramente políticas no ha logrado tener acceso a muestras de sus propias semillas, guardadas en Fort Collins, Estados Unidos." (Barkin y Suárez, 1983:34).

De esta forma, el control y manejo de los recursos naturales de América Latina, Asia y Africa quedan en poder de los países industrializados y de las firmas transnacionales, de lo que se deriva que de nada les sirve, a países como el nuestro, tener en

64. Por ejemplo, En Fort Collins, Colorado existe uno de los bancos más grandes, fue creado en 1958 y conserva las colecciones más ricas de variedades de semillas provenientes de todas partes del mundo. En el mundo existen aproximadamente 33 bancos capaces de guardar el germoplasma para un largo periodo. (Barkin y Suárez, 1983:30)

sus recursos naturales una ventaja comparativa cuando no cuentan con una legislación que les permita protegerlos.

Además, es importante mencionar que una vez que las variedades han sido almacenadas en dichos bancos "quedan marginadas del proceso de evolución", con lo cual también se restringe la diversidad genética, ya que en la medida en que una planta se encuentre en contacto con otras variedades y otros organismos presentes en el área, puede evolucionar y adquirir nuevos modos de repeler a los animales y microorganismos que la atacan. Sin embargo, también es plausible asentar que la técnica del cultivo de tejidos puede contribuir a reproducir las variedades en peligro de extinción y a la creación de nuevas en un lapso de tiempo muy corto, en relación con el requerido por el proceso de selección natural o el que llevan a cabo los campesinos, sólo que aún existen limitantes técnicas que también hay que reconocer.

Para terminar este apartado sólo nos resta decir que, en efecto, las promesas de la biotecnología son extraordinarias, sin embargo, la realidad nacional impide asumir una actitud optimista cuando vemos que ni si quiera existe una estrategia específica que oriente la investigación en esta área, que los esfuerzos están dispersos y que no existe el suficiente interés por enfocarlos a la solución de problemas prioritarios, como sería la investigación en granos básicos.

3. Amenazas de la biotecnología, ¿ventajas de la Revolución Verde?

"El que no conoce la historia está condenado a repetirla", es una máxima que debemos tener presente si deseamos evitar que los grandes errores del pasado se reproduzcan con la biotecnología. Sin embargo, todavía prevalece la corriente que se empeña en mostrar una versión apologética de la R.V. (65) y trasladarla a la biotecnología, insisten en la neutralidad de la tecnología y pretenden "tapar el sol con un dedo" apelando a los "espectaculares" rendimientos y al manejo tramposo de la información:

"En la práctica, las tecnologías de la Revolución Verde se han transformado en ser escala neutral en su impacto sobre la producción; por ejemplo, en las áreas rurales de Bangladesh, en donde hay buenos caminos y acceso a las variedades de alto rendimiento de arroz, la población pobre hambrienta es 40% menor que en áreas ecológicamente similares con menor participación en la Revolución Verde." (Mellor, 1989:67).

Muy bien, pero ¿cuál era la situación socioeconómica previa de los que adoptaron la R.V.? ¿qué papel jugaron las políticas gubernamentales para que unos la adoptaran y otros no? De ello nada nos dicen, sólo insisten en que "la tecnología mejorada es el fundamento sobre el cual el desarrollo de los países rurales debe fincarse." (Mellor, 1989:70).

En pocas palabras, esta corriente se encargó de difundir la R.V. bajo los siguientes falsos supuestos: a) los problemas

65. Un ejemplo ilustrativo lo tenemos en Mellor, John W. "Expanding the Green Revolution", en Issues In Science and Technology, Fall 1989. 66-74.

sociales, políticos y económicos pueden resolverse a través de las nuevas tecnologías; b) la clave es el incremento de la producción y no la distribución de la riqueza; c) el proceso de "difusión de la innovación" conducirá a una repartición más amplia del conocimiento y eliminará o reducirá la "brecha del conocimiento"; d) la ciencia y la técnica son neutras entre los usuarios. (Deo,1989:218)

La experiencia la R.V. nos ha permitido desenmascarar el carácter ideológico de estos supuestos, y asumir una actitud cautelosa y reflexiva ante el embate biotecnológico. Por ello, en este apartado nos guiaremos por diferentes tópicos: división internacional del trabajo, el papel de las transnacionales, grado de socialización del conocimiento, relación agricultura-industria, etc. A través de ellos seguiremos comparando a la biotecnología con la R.V., pero si en un primer momento (apartado 1) nos referimos a las bondades de la biotecnología con respecto a la R.V., para después situarnos en un plano más equilibrado (apartado 2), es decir, reconocimos tanto aspectos negativos como positivos de ambas tecnologías en virtud de su naturaleza dialéctica; ahora corresponde advertir las diferencias entre ambas tecnologías a través de las tendencias indeseables que se observan en el desarrollo biotecnológico. De esta forma estamos abarcando todo un abanico de manifestaciones biotecnológicas que van desde las más plausibles hasta las más peligrosas, lo que nos ayudará a demostrar que la biotecnología posee particularidades muy específicas que la hacen cualitativamente diferente a la

R.V., y que, por lo tanto, sus efectos socioeconómicos no pueden ser los mismos.

3.1 Configuración en la división internacional del trabajo

La R.V. y la biotecnología corresponden a una distinta división internacional del trabajo que dicta los objetivos a cada una.

Como se ha explicado en el capítulo II, el despliegue de la R.V. corrió a cargo de Estados Unidos -país que tecnológicamente detentaba la hegemonía en ese momento- y se aplicó principalmente en los países subdesarrollados, bajo la mampara de "ayuda humanitaria" estaba la consigna: aumentar la producción agrícola del Tercer Mundo para combatir el hambre y con ella la inestabilidad política que pudiera obstaculizar la expansión de las empresas transnacionales en esas economías.

Ese interés de los países desarrollados por incrementar la producción agrícola del resto de las naciones seguía acorde con los objetivos de la división internacional del trabajo imperante desde los siglos XVII y XVIII (66): concentrar la producción industrial en los países hegemónicos y designar el papel de "proveedores de insumos y productos naturales a los países que no habían podido acceder a esta profunda transformación de carácter tecnológico." (Comité Organizador, 1984:16) Atendiendo a esos

66. Periodo en el que se registró la Primera Revolución Científico-Técnica con la introducción de la máquina de vapor en los procesos productivos industriales, y la sustitución de los talleres artesanales por las fábricas. (Comité Organizador, 1984:16)

objetivos es que se promovió ampliamente la R.V. en estos países.

Por su parte, la biotecnología responde al llamado de los países desarrollados que buscan nuevas formas de lograr su supervivencia y reproducción.(67) Es precisamente a partir de la profunda crisis que se manifiesta desde los años setentas, que los países industrializados han llevado a cabo una reconversión de sus estructuras productivas que permita elevar sus niveles de productividad y calidad, condiciones indispensables para logra el fin supremo: mayor capacidad competitiva, necesidad cada vez más apremiante para Estados Unidos ante el embate tecnológico de Japón, país que en este aspecto ha arrebatado el liderazgo.

Ahora, el contexto mundial ha dejado de estar dividido en potencias para instaurarse "bloques económicos" por regiones de especialización -Comunidad Económica Europea, Cuenca del Pacífico y Mercado Común Norteamericano-. Además, la estructura de la división internacional del trabajo se ha transformado con la emergencia de un grupo de países denominado "de reciente industrialización" o NICs (Newly Industrializin Countries) (68), que "sólo han visto transformada la naturaleza de su dependencia." Shripad D. Deo sostiene que este fenómeno

67. El desarrollo científico-tecnológico constituye una respuesta del capitalismo en épocas de crisis por permitir nuevas formas de acumulación, división internacional del trabajo y valorización del capital.

68. India, Brasil, Argentina, España, México, Corea del Sur, Taiwan, Hong Kong, Singapur, Grecia y Yugoslavia; a estos países también se les clasifica como "potencias proto-imperialistas" o "estados imperialistas de segunda fila".

profundizará las diferencias entre los países subdesarrollados, y que el desarrollo de la biotecnología en los NICs estará a cargo de "las ganancias privadas" y no de los bienes públicos.

En este entorno económico internacional y globalizador, sin contrapeso a la expansión cada vez más acelerada del capitalismo transnacional, los grandes centros de poder identificados con las naciones más desarrolladas están abandonando el industrialismo para pasar a un plano superior de movilización mundial de capitales: hacia los servicios, particularmente los financieros, dejando a las naciones subdesarrolladas la tarea de continuar avanzando por el laberíntico camino del industrialismo.

En este contexto, el desarrollo y aplicación de la ciencia, en especial de la biotecnología, va acorde con esta nueva división internacional del trabajo, donde la estrategia delineada por los centros de poder consistirá en concentrar esfuerzos y recursos en investigación y desarrollo de tecnologías, ámbito en el cual los países subdesarrollados les toca jugar el papel de campos de experimentación para todo tipo de productos de efectos desconocidos -vacunas, hormonas de crecimiento, pesticidas, nuevas variedades, etc.- y, una vez aceptados éstos, convertirse en maquiladores dadas sus ventajas comparativas: mano de obra barata, así como climas y suelos propicios para la reproducción masiva de las nuevas variedades generadas en los centros de investigación de los países desarrollados.

Pero la función de las naciones subdesarrolladas no termina aquí; además, es muy posible que éstas sean las principales consumidoras de los productos generados a través de biotecnías; ya que, como veremos más adelante, algunos sectores de la población de los países centrales están demandando productos agrícolas cien por ciento libres de agroquímicos y de alteraciones genéticas, conocidos como alimentos orgánicos.

Por otra parte, si atendemos a la advertencia que nos hace Goldstein en el sentido de que la biotecnología es

"un juego caro, arriesgado, donde se aspira a ganar miles de millones de dólares, que se practica en el club exclusivo y racista de la países del Primer Mundo" (Goldstein, 1989:190),

y si además agregamos que nuestro país se enfrenta a grandes obstáculos (enumerados en el capítulo III) que impiden un desarrollo biotecnológico autónomo, tales como la ausencia de una política biotecnológica claramente definida y efectivamente apoyada por el Estado, un aparato científico-tecnológico pobre con serios problemas para vincularse con el productor agrícola, etc., entonces, ante este panorama desalentador no nos va a quedar otra alternativa más que participar en una división internacional del trabajo donde los países subdesarrollados sean (o sigan siendo) exportadores de:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| - gente, | - productos industriales de |
| - información genética, | tecnologías rutinarias, |
| - comida barata, | - minerales, |
| - dinero, | - cereales y oleaginosas, |
| - productos manufacturados | - materia prima agrícola, |
| baratos, | - resultados científicos |
| - productos químicos de bajo | útiles; |
| valor agregado, | |

e importadores obligados de:

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| - conocimiento, | - tecnología, |
| - bienes de capital, | - productos manufacturados y |
| - productos industriales | productos químicos de alto |
| de tecnología de punta, | valor agregado. |

(Goldstein, 1989:191)

Tenemos pues, que con la R.V., el desarrollo tecnológico agrícola se promovió en los países con menor desarrollo para que éstos estuvieran en condiciones de satisfacer los requerimientos de los países centrales. Con la biotecnología, se observa que los países desarrollados siguen determinando el papel que jugarán los países menos desarrollados en el concierto internacional, pero ejerciendo un control monopólico sobre el conocimiento. En este sentido se comprueba una vez más aquella máxima baconiana: "saber es poder."

De tal suerte que hasta las tareas en biotecnología estarán bien divididas. Por un lado, los países industrializados seguirán concentrando recursos económicos, financieros y humanos al desarrollo de la biotecnología de punta, y sobre todo de aquella área que les permitirá seguir dominando el mercado internacional: la biología molecular de plantas. Por otro lado, estarán los países subdesarrollados con "la obligación moral de dedicar sus esfuerzos intelectuales y sus recursos financieros a

cuidar y conservar el germoplasma, que a su vez debe ser entregado gratuitamente a cualquiera que lo desee" (Goldstein, 1989:202)

Para que después esa información genética la reempaqueten y nos la envíen más cara en forma de semillas o fármacos. En cuanto a la tecnología que desarrollaremos, sentencia Goldstein que:

"Nuestra biotecnología tiene que servir para que sigamos exportando los mismos productos de siempre, sólo que mejorados, es decir, más adaptados a las exigencias de la agroindustria, de la nutrición, del gusto y de las manías de los países del Norte. El destino manifiesto de América Latina es el de exportar granos (cuando alguien se los compra), café, cacao, azúcar (cada vez menos), tomate, yuca, jugo de naranja, frutillas y frutas raras (sólo por ahora, ya que éste es un negocio que comienza a florecer en el Norte) y flores. " (Véase el Cuadro 7)

Cuadro 7

Diferencias de actividades biotecnológicas

América Latina	Primer Mundo
Hace plantitas	Estudia la fisiología, la bioquímica, la genética molecular y la patología molecular de las plantas de interés comercial.
Conserva Germoplasma	Aísla y clona los genes que codifican proteínas de interés para las industrias agroquímicas, farmacéuticas y alimentarias. Caracteriza las moléculas responsables de acciones farmacológicas de interés y establece sus sendas biosintéticas.
Exporta materiales sin procesar o con mínimo valor agregado.	Exporta semillas y plantas patentadas quimeras genéticas patentadas y productos de alto valor agregado, en muchos casos derivados de germoplasma latinoamericano.

3.2 El papel de las transnacionales.

Como hemos visto en el capítulo II, la ingerencia de las empresas privadas nacionales y transnacionales (ET) en la producción y comercialización de semilla mejorada fue adquiriendo importancia en la medida en que la tecnología, el manejo de la información genética y el patentamiento han hecho cada vez más rentable su incursión en esta área.

Ya desde la R.V., las transnacionales se orientaron a abastecer de semilla al productor con capacidad de pago, es decir, al empresario agrícola; si embargo, en nuestro país, también las empresas privadas nacionales y, en especial, la paraestatal PRONASE tenían una importante participación en la producción y distribución de las simientes. (Ver Cuadro 8)

Para ubicar la inserción de las ET en este renglón, diremos que, en la primera fase de la R.V., la participación gubernamental tanto de Estados Unidos como de México, así como la labor de investigación de fundaciones privadas crearon las condiciones para que pequeñas empresas familiares se encargaran de la producción de la semilla con marca comercial.

Una vez creados los mercados y demostrado la rentabilidad de este negocio es cuando las ET se introducen en la industria de las semillas. Esto sucede en la segunda etapa de la R.V., a partir los años setentas; para entonces esta tecnología ya se

CUADRO 8

MEXICO: PRINCIPALES EMPRESAS TRANSNACIONALES Y NACIONALES
EN LA INDUSTRIA DE SEMILLAS
1980

COMPANIA	Año de instalación	% de capital extranjero	Linea de cultivos	Plantas
Algodonera de Baja California, S.A.*			Algodón	
Algodonera Geycora*			Algodón	
Almacenes de la Costa, S.A.*			Trigo	
Cia. Beneficiadora de Semillas			Trigo, maíz, hortalizas	6to.
El Rancho Semillas, S.A.*			Hortalizas, cártamo	
Empresas Bórquez, S.A.*			Algodón	
Empresas Júpiter*			Soya	
Empresas Longoria S.A.*			Sorgo, maíz, soya	
Fertilizantes Tepexco, S.A.*			Gerbenzo, cártamo	
Fomento Agrícola Nacional*			Maíz, sorgo	
Granos la Macarena S.A.*			Cártamo, ajonjolí, soya	
Impulsora Agrícola, S.A.	1959		Cebada maltada	
Insecticidas del Pacífico, S.A.*			Cártamo	
Navagro Internacional, S.A.	1965		Arroz, trigo, soya, cártamo	Sin.
Monterrey Cia. Nat. de Semillas S.A.			Soya, cártamo	Chih.
Productora Agrícola S.A.*			Algodón	
Semillas de Colliada, S.A.			Cártamo	Sin.
Semillas de Delicias, S.A.			Soya	Chih.
Semillas de Ensenada, S.A. (?)				Sin.
Semillas y Fertilizantes de Cinslos	1960		Glaspineas	Sin.
Semillas del Golfo S.C.	1975		Sorgo, soya, maíz	Tamp.
Semillas Werner de Mexico, S.A.	1965		Sorgo, maíz, hortalizas	Tamoa.
Semillas del Pacifico, S.A.			Algodón, cártamo	Sin.
Semillas Relacionadas de Hermosillo			Algodón, trigo	Son.
Semillas S.A. (?)	1912		Glaspineas	Tamp.
Semillas El Pacifico, S.A.			Soya	Son.
Viveros y Fertilizantes del Noroeste, S. de C.V.*			Trigo, cártamo	Son.

COMPANIA	Año de implantación	% de capital extranjero	línea de cultivo	Plantas
EMPRESAS TRANSNACIONALES				
Anderson Clayton & Co., S.A.	1965	52	Algodón	
Asgrow Mexicana S.A. de C.V.	1961	99	Sorgo, maíz, hortálizas	Sin. Tamps.
Ciba-Geigy Mexicana S.A. de C.V.	1974	55	Sorgo, maíz	
Diamond Chemical de México, S.A. de C.V.		80	Cártamo, algodón	Coah.
Growers Seed de México S.A. de C.V.			Sorgo, maíz	
Horizon de México, S.A.			Sorgo	Tamps
La Hacienda, S.A. de C.V. (4)	1965	45	Maíz, sorgo	Tamps. (7)
Mc. Padden, S.A. de C.V.			Algodón	
Northrup King y Cia. (5)	1964	80	Sorgo, maíz, tonate	Sin, Coa, Tam.
Pfizer, S.A.	1964	100		
Semillas Ferry Morse de México, S.A.	1972	100	Tomate, frijol, berenjena	Sin.
Semillas Híbridas, S.A. de C.V. (6)	1961	45	Sorgo, maíz	Cal. Sin. Tamps.
Semillas Nacionales, S.A.			Sorgo, cártamo	Sin.
Semillas Mac de México, S.A.			Sorgo, maíz	Tamps.
Semillas Agrícolas Mexicanas	1979	75	Sorgo, maíz	Tamps.
Semillas de Monesta, S.A. de C.V.	1972	30		C.O.S

Notas: (1) Esta empresa forma parte de una unión de Crédito Agrícola.

(2) Se estableció con parte del equipo que compró a Ford de México, la cual se retiró precisamente en ese año.

(3) Opera la línea de aceites Harzer.

(4) La Hacienda opera con una división de semillas que se encuentra estrechamente vinculada a los intereses de la misma transnacional.

(5) En los años recientes se compra semillas de maíz que se creaba en Guadalupe.

(6) Durante los últimos diez años la empresa ha producido de forma de maíz. Entre los años la familia de maíz regular el 75% de las aplicaciones.

(7) La Hacienda administra la planta en la ciudad de Monterrey de México, de

4 líneas operativas de plantas así como a la distribución de semillas.

FUENTES: Segundo el Centro de Desarrollo con base en los datos de la Dirección General de Inversión Extranjera (DGEI) para las empresas nacionales inversión directa. Tomado de Barkin y Cuatrecasas (1982:114).

había extendido a gran parte del mundo donde los agricultores comerciales constituían un amplio mercado (69).

Es importante mencionar que las ET iniciaron su incursión en este rubro a través de las labores de comercialización. Después, cuando las instituciones gubernamentales descuidaron la labor de investigación y la crisis por la que atravesaba el capitalismo hacía necesario buscar nuevas estrategias de reproducción, es cuando las ET se introducen en actividades de investigación y producción.

La competencia que ejercieron las ET obligaron a las empresas pioneras a crecer (Cargill, Continental-Grain, Dekalb, Pioner, Funks, Wac, Asgrow, entre otras), de lo contrario desaparecían o eran absorbidas (por Sandoz, Ciba-Geigy, Upjohn, Pfizer, etc., empresas cuya principal línea de producción son los agroquímicos y la farmacéutica). Es así como se inicia un proceso de centralización del capital y de la tecnología. (Barkin y Suárez, 1983) (Ver Cuadro 9)

69. El cual se amplió aún más merced a las imposiciones de las ET procesadora de alimentos, pues exigen a sus proveedores una determinada calidad, tamaño y durabilidad comercial del grano, exigencias que sólo mediante el uso de determinadas variedades mejoradas se podían cubrir.

CUADRO 9

PROCESO DE CONCENTRACION EN LA INDUSTRIA SEMENTERA

Nuevo propietario	Empresa adquirida	Año
Agrigenetics (E.U.) Ingeniería genética	Arkansas Vellery Seeds	1976
	Jacques Seed	1981
	Mc. Curdy Seed Co.	1981
	Seed Research Inc.	1978
	Taylor-Evans Seed Co.	1979
Archer-Daniels-Midland Co. (E.U.) Procesamiento y comercio de granos	Farmer City Grain	1979
Cargill Inc. (E.U.) Comercio de granos y procesamiento de soya	ACCO Seed Division	1980
	Paymaster Forms	s/d
	Tonco-Genetic Giant	s/d
	Gorman Seeds	s/d
	Kroeker Seeds (Can.)	s/d
	F-A6 Seeds	1971
Celanese Corp. (E.U.) Productos químicos	Joseph Harris Seed Co.	1976
	Moran Seeds	1974
	Capril Inc.	1973
Ciba-Geigy Ltd. (Suiza) Productos agroquímicos	Funk Seed Int'l	1974
	Louisiana Seed Co.	1979
	Ciba Geigy Seeds Canada Ltd.	
	Stewart Seed (Can.)	1974
	Hybridex (Can.)	1978
Continental Grain (E.U.) Comercio de granos	Pacific, Seeds (Austr.)	s/d
	Golden Acres (Austr.)	s/d
Dekalb Agresearch Inc. (E.U.) Productos agroquímicos y fertilizantes	Ramsey Seed	s/d
Diamond Shamrock (E.U.) Fungicidas, herbicidas y semillas	Golden Acres Hybrid Seed Co.	s/d
International Multifoods (E.U.) Productos alimenticios	Gildersleeve Seed Co.	1977
	Gynks Bros. Seed Co.	1978
	Beird Inc.	1978

Nuevo propietario	Empresa adquirida	Año
International Telephone & Tel. (E.U.) genética forestal	W. Atlee Burpee Co. G.W. Scott & Sons.	1978 1971
Occidental Petroleum (E.U.) productos químicos	Excel Hybrid Seeds East Texas Seeds Co. West Texas Seeds Co.	s/d 1973 1973
Glin Corp. con Royal Dutch/Shell (E.U.-RU) productos químicos	Agripro Inc. Midwest Seed Growers (Migro)	1973 1976
Pfizer (E.U.) productos para fitogenética	Ciemens Seed Farm Jordan Wholesale Co. Trojan Seed Co. Warwick Seed (Can.)	1974 1975 1973 1976
Pioneer Hi-Bred International (E.U.) cereales y semillas	Pioneer Hi-Bred Ltd. (Can.) Arnold-Thomas Seed Co. Lankhart Seed Farms Lockett Peterson Seed Co. Weaver Field Seed	1973 1975 1975 1975 1974 1975
Purex Industries (E.U.) productos químicos	Ferry-Morse Seed Advance Seeds Hulting Hybrids	s/d s/d 1977
Sandoz (Suiza) productos agroquímicos	Northrup King & Co. National-MK (Can.) Woodside Seed Growers Rogers Brothers Seed Co. Cellatin Valley Seed Co.	1976 1977 1974 1975 s/d
Upjohn (E.U.) productos químicos y especialidades agrícolas	Asgrow Seeds Farmers Hybrid Co. Associated Seeds	1972 1975 1972

s/d = sin dato

Fuentes: Pat S. Mooney, Semillas de la Tierra 1984, Londres, 1979 y Barkin y Suárez, 1982.

Con la biotecnología, no sólo se profundiza el control de las transnacionales sobre sus aplicaciones, sino que además orientan la investigación hacia cultivos comerciales -en detrimento de los básicos- cuya producción está destinada a la exportación y hacia "consumidores adinerados para asegurar un mercado y la rentabilidad de sus inversiones." Así, las ET fijan sus prioridades en razón directa a la demanda efectiva y la rentabilidad, y rara vez por las necesidades de los pequeños productores rurales o de las grandes masas de consumidores en países pobres. (Barkin y Suárez, 1990:114-116)

Si con la R.V. las empresas semilleras monopolizaban el mercado, ahora con la biotecnología se recrudece esta tendencia, pues los grandes consorcios petroquímicos y farmacéuticos están absorbiendo a las pequeñas compañías semilleras, lo que permite un mayor control sobre la producción de alimentos, al mismo tiempo que se asocian con universidades e importantes centros de investigación a fin de estar a la vanguardia en la generación y aprovechamiento de tecnología.

"Una de las principales compañías mundiales actuales es la Royal Dutch/Shell. Otros productores de variedades de plantas son hoy la Ciba-Geigy y la Sandoz, de Suiza; la Atlantic Richfield, la Upjohn, la Occidental Petroleum, la Pfizer y la ITT, de los Estados Unidos; la Lafarge Coppee, la Elf Aquitaine y la Rhône-Poulenc, de Francia; la Volvo y la Kema Nobel, de Suecia; y la Dalgetty y la British Petroleum, del Reino Unido." (Hobbelink, 1987:23) (Ver Cuadro 10)

AUMENTO DE LA CONEXIÓN QUÍMICA: LA BIOTECNOLOGÍA HACE AUMENTAR TODAVÍA MÁS
EL CONTROL SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

a = Orden por pesticidas						Información general sobre las actividades de la compañía en alimentación y agricultura	Actividades relacionadas con la biotecnología
Compañía	a	b	c	d	e		
	b = Ventas de pesticidas (1985) c = Ventas de productos farmacéuticos (1985) d = Ventas de semillas (1985) e = Ventas totales (1985)						
Bayer (RFA)	1	2.344	2.267	11	15.600	Principal compañía química en RFA; vende pesticidas y fertilizantes. Importante también en medicamentos	Contratos con Genentech y Genetic Systems; también trabaja con el Instituto Max Planck.
Ciba-Geigy (CH)	2	2.070	2.279	266	7.416	Importante en pesticidas y productos farmacéuticos; grandes intereses en el sector de semillas; controla unas 20 empresas de semillas en todo el mundo.	Posee la ALFA 602; laboratorio biotecnológico de 7.5 millones que trabaja en la resistencia de la soya a los herbicidas. Contratos con universidades.
Rhône-Poulenc (F)	3	1.232	1.301	12	5.244	Dominante en pesticidas y en productos farmacéuticos a escala mundial; expansión importante en semillas. Adquirió la división agroquímica de Union/Caribide en 1986.	Contrato de investigación con Calgene para desarrollar girasoles resistentes a los herbicidas de Rhône-Poulenc; numerosos contratos de investigación con varias universidades.
Monsanto (E.U.)	4	1.152	262	30	5.747	Cuarta compañía química en E.U., dominante en herbicidas a escala mundial, muy dedicada a semillas y medicamentos (a través de la compra de la Searle).	Muy dedicada a la genética de cultivos y ganado, ha invertido en al menos 4 compañías biotecnológicas, presupuesto de 190 millones en investigación y desarrollo biotecnológico.
Hoechst (RFA)	5	1.082	2.266	9	11.511	Número 1 mundial en productos farmacéuticos; también importante en vacunas para ganado. Muy importante en pesticidas; recientemente dedicada a las semillas (10% en RFA - una compañía holandesa).	Biología animal desde 1970. Muchos contratos en investigación con universidades. También dedicada a la investigación biotecnológica del algodón y otros cultivos.

Du Pont (E.U.)	5	1.000	--	--	29.483	Principal compañía química en E.U.; produce y vende pesticidas en más de 100 países. Presupuesto de más de 200 millones en investigación y desarrollo en ciencias de la vida.	Complejo de investigación de ciencias de la vida de 83 millones de dólares; ha invertido también en otras empresas de biotecnología. Investigación sobre resistencia a herbicidas, fijación de nitrógeno y reguladores de crecimiento.
ICI (RU)	7	850	1.231	90	13.903	Principal empresa en RU; en 1987 compra la Stauffer Chemicals (E.U.) doblando casi de este modo sus ventas de pesticidas. Crecimiento espectacular en semillas (compra de BASF en 1987; ventas de semillas por 170 millones de dólares. En camino de convertirse en la principal empresa de semillas mundial en 1990.	Consorcio con Cargill (E) en ingeniería genética en agricultura; aplica biotecnología a la producción de nuevos pesticidas. Uno de los potenciales compradores de BASF/MSD (RU) en 1991.
Shell (EUROL)	**	450	--	200	83.956	Segunda compañía mundial, importante en pesticidas y semillas. Muy fuerte en fertilizantes. Recientemente vendió la Shell Chemical (E.U.). Principales intereses en petróleo.	Contratos con Celltech y Cetus. Laboratorio biotecnológico de 9 millones. Trabaja en resistencia a herbicidas y cereales híbridos.
Eli-Lilly (E.U.)	**	408	1.938	--	3.271	Muy importante en medicamentos y pesticidas; también importante en productos sanitarios para animales. Los pesticidas de Eli-Lilly se utilizan en más de 50 cultivos. Presupuesto de 60 millones para investigación y desarrollo biotecnológico.	Invertió 5 millones en 1981 y trabaja con varias otras empresas biotecnológicas. Dedicada a la genética de cultivos y ganado, resistencia a herbicidas y reguladores de crecimiento de plantas.
American Cyanamid (E.U.)	**	360	1.167	--	2.536	Importante en pesticidas y productos sanitarios para animales. Vende también reguladores de crecimiento de plantas y fertilizantes.	Invertió 5.5 millones en Molecular Genetics; la MG aisló un gen resistente a los nuevos herbicidas de la AG. AC tiene ahora un contrato con Pioneer Hybrid para introducir el gen en sus variedades de maíz. Trabaja también en hormonas animales.
Ponté Nass (E.U.)	**	310	--	10	2.051	Gran compañía química. Produce pesticidas e insecticidas. Tiene mucho interés en agroquímicos. Interesados en el cultivo de soja.	Invertió 10 millones en Advanced Genetic Sciences, y también en la investigación en Plant Genetic Systems en Bélgica. Trabaja principalmente para producir

y avena.

ción de variedades y resistencia a herbicidas.

Sandoz ** 245 1.592 230 3.441
(CH)

Importante en medicamentos y pesticidas a escala mundial. Invertió grandes sumas en el sector de semillas y ahora controla más de 30 empresas de semillas. Adquirió la Stauffer Seeds en 1987.

Compró la Zeecon Corp., que trabaja en pesticidas biológicos. La investigación genética se centra en cultivos de soya y hortalizas. Contratos de investigación con universidades.

Ventas totales en millones de dólares.

Cifras: 1985; estructura: 1986

-- = no activa en este campo

* = Activa en este campo

** = muy activa en este campo

Fuentes: compilación de ICDA con base en distintas fuentes:

- Informes anuales y otros informes industriales.

- Pierre Deroit Joly, "An Analytical Framework of the Economic Impact of Industrial Strategies in Biotechnology". Documento presentado a la Biogeva Conference,

organizada por la Fundación Dag Hammarskjöld, Bogotá, 7-12 de marzo de 1987 (para cifras).

- Jack Doyle, *Altered Harvest*, Viking Press, 1985 (para comentarios).

Foro de Hobbeline, 1983:128-129.

La introducción de las ET en el mercado de semillas se explica por varias razones:

- a) La semilla es un insumo de uso generalizado.
- b) El negocio es muy rentable gracias a la incorporación de las innovaciones biotecnológicas merced al descubrimiento del código genético y a las técnicas para su manipulación.
- c) Los canales de distribución para las semillas son los mismos que los de sus productos agroquímicos, y por
- d) la posibilidad de convertir en propiedad privada los resultados de la investigación gracias al sistema de patentamiento.

Así, de los cuatro eslabones de la cadena agroindustrial (insumos, producción agrícola, procesamiento industrial y distribución), las empresas transnacionales se han insertado en aquéllos donde la biotecnología asegura rentabilidad. Por ejemplo, en el primer eslabón de la cadena, el 10% de las ET controlan el 50% del mercado de pesticidas y 15 ET detentan la mayor parte de la producción semillera. (Hobbelink, 1987:142) (Ver Cuadro 11)

Cuadro 11

Variedades de sorgo híbrido producidas
por empresas privadas, 1976

Empresa	No. de Variedades	
	Autorizadas	En producción
Anderson Clayton	35	6
Asgrow Mexicana	67	11
Ciba-Geigy	15	3
Diamex	8	4
Diamond Shamrock	25	4
Excel de México S.A.	9	4
Horizon de México, S.A.	6	2
La Hacienda	35	4
Northrup King y Cía.	156	11
Semillas Híbridas (Dekalb)	118	10
Semillas Mester de México	8	4
Semillas Wac de México	4	3
Total	486	66

Fuente: Elaborado por el Centro de Ecodesarrollo con datos del Servicio nacional de Inspección y Certificación de Semillas, SARH. (Barkin y Suárez, 1983:130)

Tan sólo para dar una idea del dominio que algunas de estas empresas ha adquirido en nuestro país baste apreciar el lugar que ocupan dentro de las 500 empresas más importantes de México. (Ver Cuadro 12).

CUADRO 12

POSICION DE ALGUNAS EMPRESAS TRANSNACIONALES DENTRO DE LAS 500 EMPRESAS MAS IMPORTANTES DE MEXICO EN 1990

Posición	Tipo de	Empresa	giro	Ventas		Origen del	
90	99	empresas	principal	millones	de pesos	capital	
9	10	IF	Celanese Mexicana SA	Petroquímica	2,365,355	18.2	E.U.
30	33	M	Dupont SA de CV	Petroquímica	866,913	51.1	E.U.
34	32	M	Anderson Clayton & CO SA	Alimentos	772,619	25.1	E.U.
43	46	M	Ciba Geigy mexicana SA de CV	Química	584,551	27.9	Suiza
68	74	M	Bayer de México SA de CV	Química	393,059	34.6	Can/Ale
70	69	M	Química Hoechst de México SA de CV	Química	383,555	20.4	Alemania F.
87	87	M	ICI de México SA de CV	Química	289,253	27.3	Gran Bretaña
134	129	IF	Cyanamid de México SA de CV	Farmacéutica	164,539		E.U.
148	137	M	Sandoz de México SA de CV	Química	145,645	18.8	Can/Suiz
225	MF	M	Searle de México SA de CV	Farmacéutica	11,030	19.0	E.U.

(M) Empresa con capital mayoritario extranjero.

(IF) Empresa con capital mayoritario privado nacional.

(MF) Empresas que no figuraron en el listado del Infocem de 1989.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Expansión, agosto 21 de 1991.

3.3 Grado de socialización del conocimiento.

Como se ha mencionado, la creciente ingerencia de las grandes transnacionales en la producción y comercialización de semillas se ha visto incentivada por la legislación imperante en sus países de origen que otorgan a las corporaciones el control de la patente sobre las nuevas variedades que se desarrollan. En este sentido, podemos apreciar otras diferencias entre R.V. y biotecnología en cuanto a sus agentes promotores, grado de socialización del conocimiento y tipo de infraestructura requerida.

En el caso de la R.V., las investigaciones no requerían de insumos e infraestructura costosos y, como vimos, fueron financiadas con fondos del sector público, sobre todo en el caso de México, y algo muy importante: se podía hablar de un intercambio más abierto de los avances científicos en esta materia, tanto entre las naciones como entre los sectores público y privado.

En contrapartida, la biotecnología requiere de una gran variedad de equipos de laboratorio, reactores y computadoras, así como la concentración de científicos de varias disciplinas, quienes participan en todo el proceso, desde la investigación en el laboratorio hasta la fase de ingreso de sus productos al mercado. En fin, la biotecnología requiere de un entrenamiento tecnológico y de la especialización.

A diferencia de la R.V, con la biotecnología se observa un proceso de privatización del conocimiento. Si en sus inicios la investigación básica se realizó en universidades y otras instituciones públicas, financiadas en su mayoría con fondos federales, ahora, la investigación se realiza en universidades particulares y el financiamiento corre a cargo de poderosas empresas privadas (ya enlistadas en los cuadros anteriores). Esto ocurre sobre todo en los países altamente industrializados, tendencia que se ha ido acentuando conforme los descubrimientos o invenciones se presentan más atractivos, es decir, rentables por su posibilidad de patentamiento.

Tan es así que transnacionales como Hofmann-La Roche, Schering-Ploegh o Eli Lilly gastan anualmente, cada una, más de 60 millones de dólares en investigación y desarrollo de biotecnología, mientras que gigantes de la química como Monsanto y Du Pont invierten alrededor de 200 millones (70). Lo que contrasta sensiblemente con Genex, Biogen o Hybritech, empresas de reciente creación que sólo dedican entre cinco y nueve millones de dólares anuales a la investigación. (Hobbelink, 1987:133). Y más aún contrasta con el monto del presupuesto gubernamental mexicano destinado a biotecnología: tan sólo "la Monsanto o la Du Pont invierten 10 o 20 veces más que todo el gasto de investigación y desarrollo para la biotecnología hecho en México." (Casas, 1989:196)

70. El grueso de las ET destinan a programas de investigación y desarrollo un monto equivalente entre el 3 y 5% respecto al valor total de sus utilidades. (Centro de las Naciones Unidas sobre las Empresas Transnacionales, 1989)

Así, como bien afirma Harold H. Lee, la biotecnología se ha alejado de ser un campo puramente orientado a la investigación en la cual los incentivos primarios son estrictamente académicos. El conocimiento y el material biológicos no se comparten ya entre todos los científicos interesados. En lugar de eso, los incentivos son económicos, por ejemplo, el patentar para tener derechos exclusivos de uso y licencia. (Lee,1989:3)

"Las innovaciones institucionales, la regulación más efectiva en materia de patentes y el dominio de futuros mercados son los incentivos adicionales para las inversiones del sector privado en tecnologías biológicas basadas en la ciencia." Asimismo, constituyen herramientas para hacer frente a la dura competencia que rige entre las firmas privadas. (Lee,1989:6)

Barkin y Suárez sostienen que con la privatización del conocimiento se refuerza:

"1) la tendencia hacia la integración vertical de las empresas; 2) se acentúa la concentración de la producción y comercialización de las semillas pues serán unas cuantas empresas las que tengan capacidad de seguir generando nuevas variedades; 3) crea condiciones oligopólicas de mercado; 4) se generan tensiones entre las universidades y la industria, en cuanto a flujos de información y respecto a la propiedad de los resultados; por último, 5) se limitará el libre acceso y el control de los países en desarrollo sobre sus recursos genéticos, que representan la principal materia prima para el establecimiento de diversos productos agrícolas." (Barkin y Suárez, 1990:121)

Este último punto es de vital importancia para países como el nuestro que poseen un enorme potencial en germoplasma, el cual plantea a los países subdesarrollados "un problema político (intercambio y control de germoplasma), una crisis ambiental (erosión genética), y una oportunidad económica (aumento de producción y trabajo en nuevas tecnologías." (Hobbelink,1987)

Sin embargo, el panorama es más sombrío con la concentración de la industria semillera en unos cuantos consorcios, así como de las capacidades de investigación y de recursos fitogenéticos, pues a pesar de que el Tercer Mundo dona gratuitamente sus recursos genéticos (Ver Gráficas 3 y 4), éstos son privatizados por aquéllas vía las leyes de patentes.

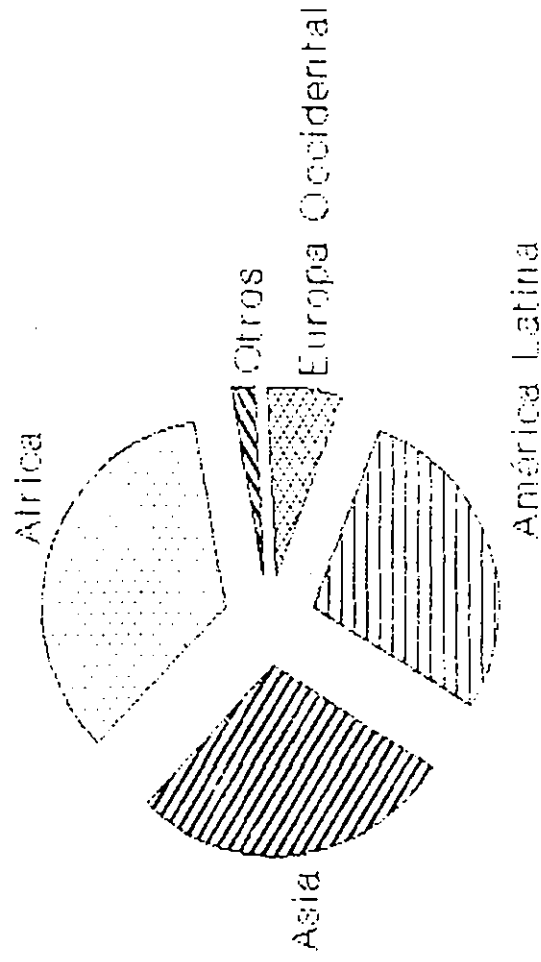
"Irónicamente el único insumo al cual no se ha asignado un valor económico es el germoplasma original que forma la base para todos los programas de mejoramiento genético. La razón es que más del 90% de los recursos genéticos que actualmente constituyen la base para la producción mundial de alimentos provienen del Tercer Mundo. Así, mientras que las compañías privadas de los países industriales intentan patentar sus nuevas variedades generadas con germoplasma del Tercer Mundo, niegan el valor comercial del germoplasma original que insisten en definir como "patrimonio universal". (Eastmond,1991:7)

Tenemos pues, que el derecho de patentes permite un control oligopólico del mercado por parte de las empresa transnacionales (71), las cuales pugnan porque estas leyes se acepten en los países subdesarrollados con mayor riqueza en germoplasma. De ser así, afectaría profundamente a los países subdesarrollados, pues el patentamiento limita sensiblemente la .diseminación de la información científica, socava el acceso de estos países a las nuevas tecnologías y, lo más lamentable, pierden el dominio de sus propios recursos naturales y, más aún, tienen que pagar regalías.

71. Para 1985 en Estados Unidos, el 21% de las patentes de productos relacionados con biotecnología se otorgaron a universidades, organismos gubernamentales e individuos, mientras que el 79% fue a dar a manos de corporaciones, porcentaje que aumenta año tras años. (Hobbelink,1987:132)

DOMINANTES DE GERMOPLASMA

Entre 1974 y comienzos de 1984, las expediciones del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF) obtuvieron más de 125 000 muestras duplicadas. En total, los países en desarrollo aportaron más del 91% de este material.



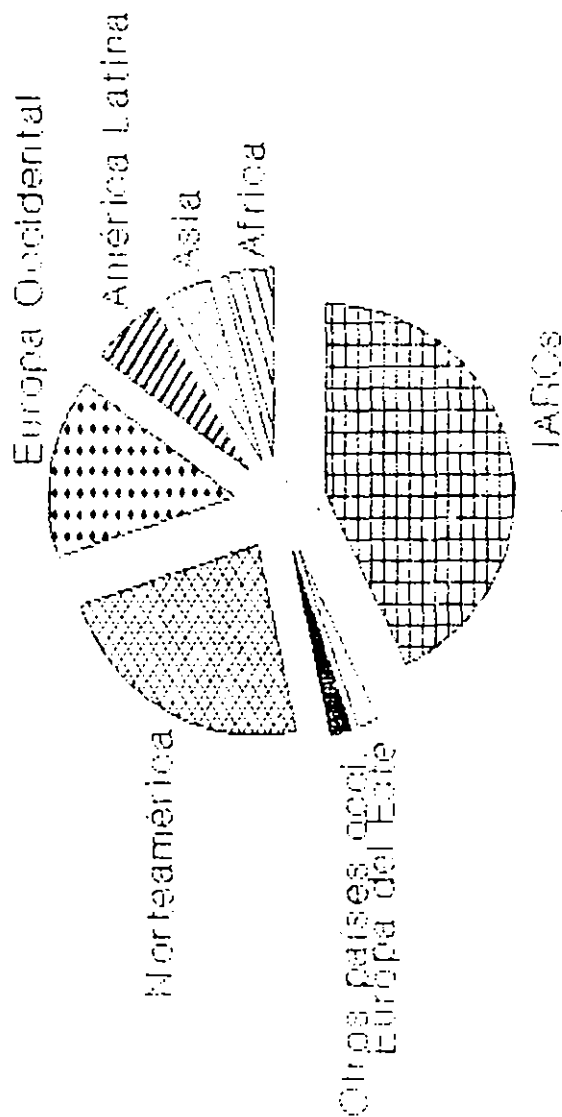
GRAFICA 2

Fuente: Hobbslink, 1987.

GRAFICA 3

RECEPTORES DE GERMOPLASMA

En teoría, cuando se recolectan muestras de semillas, un conjunto permanece en el país anfitrión y otro es enviado a los bancos de genes en otros países o institutos. Los países en desarrollo recibieron un 16% de esos conjuntos donados, mientras que los países desarrollados recibieron alrededor del 42% y los Centros Internacionales de Investigación Agrícola el 42%.



Fuente: Hobbelink, 1987.

"La extensión de las leyes de patente al Tercer Mundo significaría que las compañías podrían controlar y comercializar variedades de cultivo en países que han donado el material genético utilizado para producir esas mismas variedades", lo cual acarrearía una mayor dependencia y la erosión de la diversidad genética de éstos, así "irónicamente, la biotecnología puede acabar contribuyendo a la pérdida de los mismos recursos de los que depende." (Hoobbelink, 1987:25-27)

Para hacer un poco de historia, diremos que en 1930 se aprobó en Estados Unidos la primera ley que protegía el derecho sobre las variedades híbridas producto de la investigación. Por su parte Europa, hacia los años sesentas crea la Unión Internacional para la Protección de las Nuevas Variedades de Plantas (UPOV), organismo encargado de promover leyes que permitan patentar plantas, tanto las que existen naturalmente como las que son producto de la investigación. Con estas leyes las ET tendrían un mayor control del mercado y, por tanto, se daría una mayor concentración de la industria.

"De aprobarse una legislación restrictiva, estilo UPOV, se limitaría la posibilidad de los campesinos de sembrar sus propias variedades criollas, o se transformarían en clientes cautivos de empresas vendedoras de estas mismas, convertidas en propiedad comercial" (Barkin y Suárez, 1983:51)

Ya nuestro país ha comenzado a padecer las consecuencia de la privatización del conocimiento, un caso concreto es el de la flor, veamos.

Como en México no se pagan regalías por importación de material genético, las empresas transnacionales abastecedoras de productos, como esquejes de especies ornamentales, establecen en sus convenios la prohibición de reproducir el material que

están vendiendo, así el comprador se compromete a no incrementarlo, de esta manera nos convertimos en simples empleados o maquiladores, lo que está acorde al proyecto neoliberal imperante.

En México no hay un apego estricto a las normas, se recurre a la piratería y se distribuye el material bajo otro nombre, por ello algunas empresas transnacionales no venden material si el comprador no reúne algunas condiciones, tales como el tener invernaderos para garantizar que no se va a cultivar la variedad a la intemperie porque eso desprestigiaría su producto-, que compre la cantidad necesaria para cultivar todo el invernadero y no sólo una parte, eso evita que reproduzcan el material para completar toda la superficie disponible. Además son vigilados con cierta frecuencia por los asesores (vendedores) que hacen visitas periódicas. Así, la tendencia es utilizar los recursos naturales de gente sin recursos económicos para luego maquilar.

El que no se paguen regalías implica también que México no pueda impedir el saqueo de nuestros recursos genéticos, por tanto, cualquiera puede llevarse especies de orquídeas, helechos, catos, solanáceas, etc. El saqueador no tiene obligación de dejar duplicados de la colecta ni tiene porqué pagar regalías por lo que se lleva. México tampoco puede reclamar reciprocidad en el intercambio genético, de tal suerte que los estadounidenses se han llevado gran cantidad de recursos pero cuando uno de nuestros fitomejoradores necesita de ese material genético, ya "cautivo" en los bancos de germoplasma, le es

negado. Tenemos pues que, por un lado, nos saquean nuestro material genético y, por otro, se limita la transferencia de materiales genéticos mejorados hacia el interior del país.

Por otra parte, el no pagar regalías afecta aspectos relacionados con la propiedad intelectual; los fitomejoradores no pueden cobrar regalías por una variedad que creen, cuando en Estados Unidos pueden obtener ganancias durante 10 o 15 años por cada creación. Al respecto, el Dr. Lozoya opina que la ausencia de este tipo de reconocimientos al investigador desestimula la generación de materiales nuevos.

Sin embargo, con el ingreso de México al GATT se ha hecho que se flexibilicen un poco más las leyes mexicanas. Se piensa que para 1997, México va a empezar a pagar regalías por lo que se importe y también a pagar regalías al que genere alguna variedad.

Otras implicaciones que para países como los de América Latina tiene el que el "secreto" pase a formar parte de la investigación son las siguientes: en primer lugar, se verá muy limitada la posibilidad de que sus científicos adquieran una formación en importantes universidades con laboratorios involucrados en comercialización -por su puesto que se hace referencia a las instituciones del llamado "Primer Mundo"-, ya que en estos centros tratan de tomar todas las precauciones para evitar las "filtraciones", como restringir el acceso de estudiantes extranjeros "porque no se sabe cuáles son sus

lealtades." Esto no es gratuito, con la protección de las innovaciones científicas y tecnológicas se trata de asegurar que los productos y servicios derivados de ellas lleguen al mercado internacional antes que los de los competidores. Por tanto, de generalizarse este estricto control de la información, los países subdesarrollados serán los "compradores obligados de todos los productos de la tecnología de punta de los países centrales", con la dependencia que ello implica. (Goldstein, 1989:129)

En caso de que un científico extranjero logre incorporarse a los mencionados centros de investigación regidos por el aparato productivo, es cooptado, literalmente hablando es secuestrado, y no es raro que sin saberlo llegue a colaborar en una parte de la investigación para la industria militar. (Ver La Jornada, 4 de febrero de 1991)

El acceso a la literatura científica podría ser otra forma de que nuestros científicos estén al día en las novedades que se producen en los países desarrollados; sin embargo, se enfrentan a serios obstáculos: 1°. Las publicaciones o fuentes de información más afamados en este campo no llegan a los países subdesarrollados, ya sea por su alto costo o por la falta de apoyo de las autoridades para lograr la suscripción, pero suponiendo que esto sea salvado, 2° para hacer una lectura inteligente de lo que sucede en la ciencia y poder traducirla en más ciencia y tecnología se necesita tener capacidad experimental y creativa, y esto es muy difícil cuando sufrimos la ausencia de un "sistema científico independiente, original y agresivo."

(Goldstein, 1989: 128). De superarse esto, tenemos que 3º nuevamente el secreto o protección de innovaciones está presente: antes de que los artículos sean enviados a los editores de las revistas científicas, son examinados por equipos legales de las universidades, los institutos y las compañías con el objeto de evitar filtraciones, poder patentar lo patentable y excluir aquellos datos que se deben mantener en secreto. (Ibid.,p. 147)

3.4 Relación agricultura-industria

Otra diferencia entre la biotecnología y la R. V. está dada en el grado de subordinación de la agricultura hacia la industria.

Durante la R.V. la penetración o imposición de la industria sobre la agricultura fue en aumento, la máxima expresión de este proceso lo tenemos en la agroindustria.

Con la biotecnología, la agricultura se consolida como una rama de la industria, ésta se vale de biotecnias para controlar parte del proceso de producción agrícola y ganadero, cuyo producto será transformado por un proceso industrial que imposibilita cada vez más un consumo directo de los productos del campo. (Chauvet et. al.,1990:5)

"Se puede visualizar el potencial impacto sobre las estructuras industriales si se piensa que, en algunos países industriales, alrededor de un 40% de la producción manufacturera

es de origen o naturaleza biológica." (CEPAL,1989:20)

Vale destacar que vista, en un contexto más amplio, la relación entre la industria y las materias primas -sean agrícolas o no- es diferente según la tecnología de que se trate, pues con la biotecnología los vínculos entre ambas se estrechan cada vez más (sobre todo con las de origen agrícola), mientras que con los nuevos materiales -otro de los grandes exponentes de la Tercera Revolución Científico-Tecnológica- sucede un efecto contrario en virtud de que la introducción de plásticos, fibras de vidrio, porcelanas, etc. sustituyen materias primas tales como recursos forestales, minerales o metales, de tal suerte que se ha observado una "contracción de la demanda mundial de materias primas no agrícolas" (Mestries,1990:61).

3.5 Respuesta de la población ante nuevas tecnologías

Por último diremos que el nivel de conciencia en cuanto a la preservación del equilibrio ecológico y de la salud es superior ahora que el que existía cuando estuvo en boga la R.V.

La población de los países altamente industrializados está muy preocupada por las repercusiones de la ingeniería genética, pues sus efectos podrían ser de mayor trascendencia que los de los fertilizantes o agroquímicos. Existe el temor de que el consumo de plantas o animales transgénicos acarree mutaciones a largo plazo, o que la liberación de estos organismos provoquen serios trastornos en el ecosistema por relaciones biológicas no

anticipadas. (72)

Ante esto, en los países desarrollados es frecuente que la biotecnología sea comparada con la energía nuclear, lo que la convierte en una de las tecnologías más controversiales, por lo que hay una tendencia hacia la organización de los consumidores para demandar productos que no contenga sustancias que puedan afectar su salud; así como temen sobre dosis de radiación, también temen otras intervenciones que puedan alterar sus genes a través de alimentos preparados con hormonas de efectos colaterales desconocidos. (Junne,1989:50)

Así, en Europa existen organizaciones poderosas, como el "Partido Verde", que se oponen tajantemente a la difusión y consumo de productos biotecnológicos. Esto ha obligado a las firmas biotecnológicas a que instalen sus campos de prueba en aquellos lugares donde el clima político sea más favorable o las regulaciones ambientales sean menos restrictivas: en las regiones subdesarrolladas, por lo que se prevé que países como el nuestro, más que generadores serán consumidores de la

72. Lee proporciona los siguientes ejemplos: Se puede crear, por manipulación genética, un microbio para mejorar los rendimientos del maíz, pero este mismo microbio puede ser dañino para especies madereras; si el microbio se disemina hacia los bosques, la industria de papel podría verse seriamente afectada. Las llamadas "abejas asesinas", aunque fueron producidas por técnicas genéticas convencionales, nos dan otra excelente parábola de advertencia para no tratar con ligereza las consecuencias ambientales de cualquier nuevo organismo. (Lee,1989:5). Por su parte Trujillo ratifica el peligro que han expresado otros autores en cuanto a la posibilidad de que plantas resistentes a un herbicida se crucen con maleza sexualmente compatible, transfiriéndole a ésta tal resistencia. (Trujillo,1989:950)

biotecnología.

Efectivamente, los productos prohibidos o rechazados en sus lugares de origen inundan los mercados de países subdesarrollados donde la desinformación es más aguda.

Por tanto, se pueden distinguir dos tipos de mercados: aquél donde circulan mercancías biotecnológicas, y otro más selecto donde son demandados productos agrícolas sin ningún tipo de agroquímico; las grandes diferencias en precios provocará una segregación entre los consumidores, los que posean los recursos podrán adquirir los productos orgánicos mientras que el resto consumirá los sintético o biotecnológicos. (Chauvet,1991)

CONCLUSIONES

La Revolución Verde fue un paquete tecnológico que por sus características agronómicas estuvo llamada a favorecer a un determinado tipo de productor: al empresario agrícola. Sesgo que se acentuó aún más con la intervención estatal a través del fomento agropecuario que favoreció las condiciones necesarias para la mecanización, obras de riego, créditos y precios de garantía, cuyo propósito era organizar a la agricultura como una empresa más. Así, del monto de las inversiones dependía el de los rendimientos, esto limitó la posibilidad de que la R.V. apoyara al ejido como tal, de ahí los repetidos fracasos al tratar de adaptarla al ejido, el caso del Plan Puebla es contundente, donde si bien se incrementaron los rendimientos de maíz por hectárea, no fueron los mismos que los observados en otras regiones donde la extensión de la tierra era mucho mayor, contaba con infraestructura de riego y la forma de apropiación de la tierra era capitalista.

Sin embargo, hay que reconocer que la R.V. no fracasó directamente por la tecnología que incorporó, sino porque en México se tomó como un modelo que se quiso seguir al pie de la letra sin considerar la estructura social, tenencia de la tierra, etc. cuando ella (R.V.) estaba pensada para desarrollar una forma de producción intensiva donde la gran empresa capitalista sería la que comandara el proceso de acumulación en el agro, de la misma manera como sucedió en Estados Unidos.

Por otro lado, se puede hablar del fracaso de la R.V. en el sentido de que no respondió a las expectativas que se habían depositado en ella; pues en los países "tercermundistas" se consideraba que con la tecnología asociada a la R.V. automáticamente se resolverían los problemas de la baja productividad agrícola, y con ello se lograría la autosuficiencia alimentaria, pero sin considerar los costos sociales: mayor dependencia de las importaciones de insumos, mayor desfase entre la producción agrícola y el consumo de alimentos a nivel local, marginación de los pequeños productores y trabajadores agrícolas, etc. Esto no significa que subestimemos los incrementos en la productividad que se obtuvieron, en este sentido la R.V. fue todo un éxito; el problema fue el tipo de intereses que la impulsaron y que concentraron los frutos de estos avances tecnológicos en torno a ciertas regiones, ciertos cultivos y cierto tipo de productores, con la consecuente marginación y desequilibrios de grandes masas de productores tradicionales de las extensas regiones temporaleras del país.

Así la R.V. vino a profundizar las diferencias sociales y productivas entre el ejido y el sector capitalista desarrollado. El primero, hasta 1940, había sido el "retablo funcional" en el desarrollo agrícola mexicano; pero, conforme se desarrolló el proceso de industrialización y la política agrícola abandonó todo vestigio del cardenismo, el ejido empezó a manifestar incapacidad de adaptarse al mismo ritmo que la gran explotación

capitalista.

Por su parte, la biotecnología, que surge en un distinto momento histórico, se ve condicionada por éste y a su vez lo transforma merced a las nuevas tecnologías radicales que incorpora, inscritas dentro de la Tercera Revolución Científico-Técnica.

Si empezamos por tomar en cuenta que las capacidades de transformación tecnológica que poseen la R.V. y la Biotecnología son distintas -merced al carácter de sistema tecnológico de la primera y de su pertenencia a toda una revolución tecnológica de la segunda-, entonces también lo serán los efectos socioeconómicos que respectivamente generen; esto lo hemos podido constatar a lo largo de la confrontación que hemos establecido tomando como puntos de referencia aspectos como tipo de transformación tecnológica, incidencia en granos básicos, requerimientos de fuerza de trabajo, impacto en el medio ambiente, etc.

Entre las diferencias que pudimos apreciar entre R.V. y biotecnología a medida que abordamos estos tópicos se pueden resumir las siguientes:

-El respectivo momento histórico en que surgió la R.V. y la biotecnología fue factor determinante en la diferenciación entre ambas, comenzando por los objetivos encomendados a cada una, pues mientras que con la primera se proponía lograr alta productividad de granos básicos en el Tercer Mundo, ya para evitar

inestabilidad política, ya para asegurar el abasto de estos granos en los países altamente industrializados, con la segunda se pretende hacer frente a una crisis generalizada por la que atraviesa el capitalismo y que aún no ha podido sortear.

-Por corresponder a distintos niveles de desarrollo tecnológico los productos de ambas tecnologías poseen cualidades y potencialidades distintas; en este sentido, la biotecnología brinda una amplia gama de posibilidades que, por lo menos tecnológicamente, da respuesta tanto a las necesidades de la agricultura intensiva como a las de la extensiva, mientras que la R.V., por sus requerimientos técnicos, sólo estuvo llamada a beneficiar a la agricultura comercial.

La R.V. fue concebida, desde su origen, como un "paquete tecnológico", mientras que con la biotecnología, las relaciones sociales e intereses propios del capitalismo están intentando imprimirle este mismo sello; sin embargo, las variedades producto de la biotecnología, por sí mismas no requieren estar integradas a un "paquete" para realizar sus propiedades.

- El impacto sobre el ambiente varía entre una tecnología y otra como entre los distintos tipos de cultivos. Si la R.V. favoreció principalmente a cereales básicos, la utilización de las técnicas de la biotecnología permite una incidencia en todos los momentos de la cadena agroalimentaria, en el de insumos, fertilizantes, semillas y pesticidas, y en el procesamiento de los alimentos.

En pocas palabras diremos que en los objetivos; en los orígenes; en el tipo de cultivos y en las características y potencialidades agronómicas de las especies; en los agentes promotores; en el nivel de "socialización del conocimiento"; en el tipo de exigencias en cuanto a infraestructura, insumos y especialización de los recursos humanos para investigación; en la relación agricultura-industria; en el nivel de aceptación de los consumidores finales, etc.; en todos estos ámbitos podremos encontrar marcadas divergencias entre la biotecnología y la R.V.

Estas diferencias señaladas, que de ninguna manera son las únicas, podrán orientar el análisis del impacto de la biotecnología, la que es posible que se generalice en la medida en que ofrezca insumos que aminoren los costos en la producción agrícola.

Por tanto, no es válido hacer comparaciones y, más aún, empeñarse en derivar los posibles impactos de la biotecnología a partir de la experiencia de la R.V., pues ellos pueden ser tan variados como benéficos o devastadores, ya que la biotecnología tanto tiene la capacidad de beneficiar al campesino como también de favorecer la consolidación del gran oligopolio sobre el material genético, semillas, plaguicidas, fertilizantes, etc.; todo dependerá de los intereses que logren imponer los actores sociales involucrados en el desarrollo biotecnológico, de la estrategia gubernamental que se implemente, de la cantidad y calidad de recursos humanos y económicos, así como de la existencia de una estructura de organización que permita

canalizar estos recursos a la consecución de objetivos prioritarios; pues no hay que olvidar que "nuestra debilidad científica tiene causas políticas, y sólo se revertirá cuando nuestros objetivos nacionales se transformen" (Goldstein).

Por tanto, para que los resultados científicos importantes sean aprovechados se requiere de un contexto social favorable; es decir, tiene que existir una voluntad política y económica que requiera de ellos, y así poder consolidar una base científico-técnica que responda a las necesidades socioeconómicas de su entorno.

Lo que sí es claro es que con el desarrollo de la biotecnología se perfilan tendencias muy peligrosas para los países con estructuras científico-tecnológicas débiles, pues mientras sus gobiernos no establezcan como estratégica y prioritaria esta área, no estarán en capacidad de hacer frente al reto de insertarse en las redes de investigación biotecnológica de los países desarrollados (para poder, así, transferir biotecnologías útiles según sus necesidades); o de tener la capacidad de negociación en lo concerniente a propiedad intelectual y protección de sus recursos fitogenéticos, etc.

Así como en la primera parte del capítulo IV se destacaron las bondades de la biotecnología, no hay que subestimar serios peligros como pueden ser:

- La alteración irreversible de la carga genética de las plantas y animales.

- La concentración de los beneficios derivados de la biotecnología en manos de países desarrollados, merced a la aplicación monopolizada de los adelantos en esta materia.

- El canalizar esfuerzos hacia campos superfluos como, por ejemplo, las investigaciones que pretenden obtener apios sin fibra, papas con una configuración perfecta o maíz palomero saborizado. Estudios que sólo están dirigidos a compañías como la Nestlé, Kraft, etc. que buscan atraer más al consumidor, hacer más deseables y sofisticadas las mercancías pero que no reportan cambios benéficos para el agricultor, ni mayor valor nutritivo para el consumidor.

- El peligro de la dependencia económica como consecuencia de quedarse a la zaga en materia de biotecnología.

La experiencia de la R.V. nos ha permitido desenmascarar el carácter ideológico de los supuestos mencionados, y asumir una actitud cautelosa y reflexiva ante el embate biotecnológico. Una de las lecciones de la R.V. que debemos tener presente es que la transferencia y adopción de nuevas tecnologías tendrán que darse después de hacer un análisis concienzudo de su conveniencia, pues ellas siempre responderán a lógicas propias de su lugar de origen, por lo que será muy difícil que coincidan con nuestras necesidades. En el caso de la biotecnología, las prioridades de los países donde más se ha desarrollado se fijan en relación con el potencial comercial de cada uno de los proyectos, cuando nuestra realidad, plagada de contrastes socioeconómicos, exige

que se privilegien aquéllos con una trascendencia social efectiva.

Esto no implica asumir una posición radical que corre el peligro de interpretarse como populismo puro; por el contrario, el potencial que brinda la biotecnología permite buscar alternativas -"salomónicas" tal vez- que satisfagan los requerimientos propios de cada tipo de productor: del empresario agrícola y del campesino. Por lo que se propone fijar prioridades en la investigación que consideren en primer lugar al tipo de usuario que se pretende favorecer y en consonancia con ello, seleccionar las técnicas que deberán concentrar los recursos a fin de desarrollarlas y canalizar sus frutos hacia los previstos usuarios.

Así, atendiendo a las posibilidades que brinda cada técnica nos conduce a afirmar que:

- Será el cultivo de tejidos y micropropagación las técnicas que pueden favorecer aquellos cultivos que representan nichos económicos para el país al cumplir con dos requisitos: que tengan oportunidad de mercado a nivel nacional e internacional y, sobre todo, que abran fuentes de empleo. Para ello se requiere que, por lo menos internamente, exista una estrecha interconexión entre los centros de investigación y los presuntos consumidores de la tecnología que generen, de tal suerte que aquéllos canalicen sus esfuerzos a la satisfacción de las necesidades de sus clientes, al tiempo que éstos les resuelven problemas de orden financiero.

-Ingeniería genética. Si bien esta área exige de una mayor inversión en recursos financieros y humanos, por sus potencialidades técnicas afirmamos que es la única que puede dar respuesta a las limitantes de orden agronómico que tanto afectan al campesino. Además, la ingeniería genética brinda la posibilidad de transformar cultivos que la sociedad mexicana tradicionalmente consume pero que además no resultan en modo alguno un mercado atractivo para las empresas transnacionales, por tanto, no habría el peligro de competir con ellas. En el caso del maíz, es de gran importancia recuperar los plausibles esfuerzos del entonces Instituto de Investigaciones Agrícolas - que sucumbió, gracias al apoyo de la política gubernamental a la propuesta de la Fundación Rockefeller-, en el sentido de que, por encima de la maximización de los rendimientos estaba el interés de brindar una alternativa real a los pequeños cultivos tradicionales, no irrigados, y ella se materializa en la producción de semillas mejoradas de polinización abierta, con las cuales no se tendrán los espectaculares rendimientos de las híbridas, pero a cambio dan al productor la gran ventaja de reproducirlas sin que pierdan sus características agronómicas; es decir, de destinar una parte de su cosecha para usarla como semilla para la siembra siguiente, lo que significa impedir que, por lo menos en el rubro de las semillas, las empresas transnacionales ejerzan un dominio sobre el productor, lo que fue evidente con el uso de las variedades híbridas.

Asimismo, se deberá asignar alta prioridad a la concentración de recursos humanos, técnicos y financieros para las actividades en conservación de los recursos genéticos, programas de selección de plantas y producción, distribución y control de la calidad de las semillas.

Pero el factor clave para que esta estrategia surta efecto está en una política decidida y coordinada que vincule los avances biotecnológicos con los productores. Sin embargo, las acciones gubernamentales deberán ser diferentes y específicas dadas las diferentes oportunidades de acceder a las biotecnias que tiene cada tipo de usuario, es decir, la labor del sector público con respecto al empresario agrícola deberá restringirse a la difusión de los logros biotecnológicos y, por qué no, a la comercialización; mientras que su tarea con respecto al productor minifundista y de subsistencia deberá ampliarse, de forma efectiva, en créditos, asistencia técnica, organización de productores, precios de garantía, etc. En otras palabras, para que cristalicen las promesas de la biotecnología y se eviten las consecuencias desfavorables de la R.V. es necesario que se implemente una política gubernamental donde imperen estrategias que logren un equilibrio entre la racionalidad económica y el beneficio social.

Por supuesto que el proyecto neoliberal salinista marca otra ruta -pues el abandono de la ciencia en general y de la biotecnología en particular hacen pensar que el interés por resolver los problemas de la alimentación de pueblos como el

nuestro parece no estar presente como algo que justifique grandes inversiones que sean rentables para orientar hacia esos objetivos las nuevas líneas de investigación-, entonces se considerará muy romántica la propuesta; sí, es posible que así sea, pero nadie se imaginó que de la noche a la mañana caería el muro de Berlín, ni que la refinería "18 de marzo" de Azcapotzalco sería cerrada. Ante tales acontecimientos, puede ser más atinado pensar que las cosas no van a seguir como hasta ahora que afirmar que todo tiene un curso previsible.

Además, aunque pocos, pero existen proyectos de investigación (unos a nivel de laboratorio, otros que están accedando la escala industrial) que pueden reportar beneficios sociales; entre ellos se puede citar el caso de las investigaciones a cargo de la Dra. Mayra de la Torre, en el CINVESTAV-DF, o las investigaciones realizadas en la UNAM para lograr vacas enanas que beneficien a la economía campesina, o el caso de Biofermel, enfocado a aprovechar esquilmos y subproductos de la caña de azúcar para elaborar, a bajos costos, alimento para ganado.

Por otra parte, hay que reconocer que las medidas que hasta aquí se han mencionado no son suficiente para que las condiciones económicas de los campesinos mejoren, pues como afirma Astorga Lira: "El minifundio no es pobre por razones tecnológicas. El campesino que siembra una hectárea de maíz de temporal y cosecha 700 kilos cuando bien le va, es ilusorio pensar que la tecnología puede incrementar su productividad a 10

toneladas que necesita para mantenerse con su familia y renovar la producción." (Astorga,1988:79)

Por tanto, de poco servirán los aportes de la biotecnología si no se efectúan cambios en la estructura, es decir, si la reforma agraria sigue sólo es letra muerta y el latifundio -abierto o simulado- permanece tal y como está, si no se modifican los patrones institucionales de prestación de servicios y si no se alteran "las reglas de hierro del mercado local y regional."

Ante este panorama es obligado aceptar que la tecnología en sí misma no es una solución sino que es una herramienta y que su éxito dependerá sólo en parte de los adelantos científicos, pero fundamentalmente de los intereses que median en su creación, de las circunstancias en que es desarrollada y utilizada y también de los intereses que la introducen y de las circunstancias o condiciones socioeconómicas de aquellos a los que va destinada.

Por todo lo aquí expresado concluimos que la biotecnología encierra grandes retos, los peligros son muchos, pero también nos puede mostrar su "rostro humano" si y sólo si se elaborara una estrategia que, por un lado, oriente la investigación y sus frutos a la solución de necesidades sociales concretas y ,por otro, que haga partícipe al campesinado del desarrollo nacional distinguiendo y evitando los factores de orden político y económico que lo mantienen marginado y pauperizado.

BIBLIOGRAFIA

- Aceves, Everardo (1988). "Uso y manejo del agua en la agricultura mexicana", en *Comercio Exterior*. Vol. 38. Núm. 7, julio. México.
- Agro-Síntesis (1989). "Con biotecnología, hasta 37.5 ton/ha de maíz", en *Agro-Síntesis*. Vol. 20. Núm. 3, marzo. pp. 28-32.
- Aliaga, Homero; Tróccoli, Alfredo; Espinoza, Gildardo y Macías, Antonio (1987). "El Plan Puebla y su impacto socioeconómico en las comunidades San Miguel Tianguistengo y San Juan Tianguismanalco del estado de Puebla", en *Agrociencia*. Núm. 69, julio-agosto-septiembre. Montecillo, México.
- Alpuche G., Leticia (1991). "Plaguicidas organoclorados y medio ambiente", en *Ciencia y Desarrollo*. Vol. XVI. Núm. 96, enero-febrero. CONACYT, México.
- Alzati, Fausto (1989). "No alcanza para todo: el Estado moderno y la asignación de recursos", en *Examen*. Núm. 15, octubre. México.
- Alzati, Fausto (1991). "Una política científica y tecnológica para la modernización", en *Tecnoindustria*. Núm. 1, noviembre-diciembre. CONACYT, México.
- Arias Peñate, Salvador (1990). *Biotechnología. Amenazas y perspectivas para el desarrollo de América Latina*. Ed. DEI. San José, Costa Rica. (Tesis de doctorado presentada en diciembre de 1987).
- Armesto, Juan J. y Kalin Arroyo, Mary (1991). "El estudio y la conservación de la biodiversidad: una tarea urgente para Chile", en *Creces 91*. Vol. 12. Núm. 11. Chile. Pp. 54-60.
- Arroyo, Gonzalo (1986). *El desarrollo de la biotecnología: desafíos para la agricultura y la agroindustria*. Breviarios de Investigación 1. UAM-I, México.
- Astorga Lira, E. (1988). "Cambios tecnológicos y empleo rural en México", en *Biotechnología y Empleo*, Serie Revolución Tecnológica y empleo. Núm. 2. México: STPS y OIT. pp. 77-99.
- Barkin, D. y Suárez, B (1983). *El fin del principio. Las semillas y la seguridad alimentaria*. Ed. Océano y Centro de Ecodesarrollo. México.
- Barkin, D. y Suárez, B (1985). *El fin de la autosuficiencia alimentaria*. Ed. Océano y Centro de Ecodesarrollo. México.

- Basurto, Regina, Xoconostle Cázares, Beatriz y Alvarez Morales, Ariel (1990). "Programación genética de plantas e insecticidas", en *Investigación Científica y Tecnológica*. Vol. 12. Núms. 166-167, julio-agosto. pp.66-72.
- Basurto, R., Xoconostle, B. y Alvarez, A. (1990). "Programación genética de las plantas e insecticidas", en *Investigación Científica y Tecnológica (ICYT)*. Vol. 12. Núms. 166-167. pp. 66 -77.
- Berlín, Isaiah (1983). *Conceptos y categorías. Un ensayo filosófico*. FCE, México.
- Boltvinik, Julio (1976). "Estrategia de desarrollo rural, economía campesina e innovación tecnológica en México", en *Comercio Exterior*. Vol. 26. Núm. 7, julio. Banco Nacional de Comercio Exterior, México.
- Calva, José Luis (1988). *Crisis agrícola y alimentaria en México, 1982-1988*. Col. Fontamara, Núm. 54. México. 230 pp.
- Casas, Rosalba (1988). "Potencial de la investigación biotecnológica agrícola en México", en *Revista mexicana de Sociología*. Núm. 1. IIS, UNAM, México.
- Casas, Rosalba (1989). "El estado actual de la biotecnología en México", en Arroyo, Gonzalo (Coor.) *La biotecnología y el problema alimentario en México*. Ed. Plaza y Valdez y UAM-X, México. pp. 161-225.
- Casas, Rosalba (1991). "Las capacidades de investigación biotecnológica en México y su relevancia para el sector agroalimentario. Tendencias durante la década de los ochentas." Ponencia presentada en el Seminario sobre Efectos Socioeconómicos de la Biotecnología. UAM-UNAM.
- Casas, Rosalba (1992). "El tratamiento biológico de aguas residuales: ¿demanda social o coyuntura política", en Casas, Rosalba; Chauvet, Michelle y Rodríguez, Dinah (Coords.) *La biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas*. UAM-UNAM. México.
- Castañeda, Yolanda (1991). "Opciones biotecnológicas para la crisis de la agroindustria azucarera: melazas y proteína unicelular", en *Sociológica*. Año 6. Núm. 16, mayo-agosto. UAM-A, México.
- CATBIO (1990), *Catálogo regional de laboratorios de biotecnología vegetal de la Oficina Regional para América Latina y el Caribe*. ONU-FAO.
- Centro de las Naciones Unidas sobre las Empresas Transnacionales. (1989). *Las empresas transnacionales en el desarrollo mundial. Tendencias y perspectivas*. ONU, N. Y.

- CEPAL (1989). **Reestructuración industrial y cambio tecnológico: consecuencias para América Latina.** ONU.
- CEPAL (1991). **La región frente a la negociación de la biodiversidad.** 31 de enero. ONU.
- Chauvet, Michelle y Cervantes, Estela (1990). "Impacto socioeconómico de la biotecnología en el sector agropecuario de México." Ponencia presentada en el II Congreso Latinoamericano de Biotecnología, Habana, Cuba, del 4 al 7 de agosto.
- Chauvet, Michelle; Massieu, Yolanda; Castañeda, Yolanda y Barajas, Rosa Elvia (1992). "La biotecnología aplicada a la producción ganadera en México", en Casas, Rosalba; Chauvet, Michelle y Rodríguez, Dinah (Coords.) **La biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas.** UAM-UNAM. México.
- Chauvet, Michelle; Massieu, Yolanda; Castañeda, Yolanda y Barajas, Rosa Elvia (1991). "Entrevista al Dr. Roberto Varela", en **Sociológica.** Año 6. Núm. 16, mayo-agosto. UAM-A, México.
- Chesnais, Francois (1990). "La biotecnología y la exportación de productos agrícolas de los países en desarrollo", en **Comercio Exterior.** Vol. 40. Núm. 3, marzo. México.
- Ciencia (1985). "Ante una nueva Revolución Verde". México.
- Cruz, Diana (1988). "Fertilizantes y fijación de nitrógeno", en **Investigación Científica y Tecnológica.** Vol. 10. Núm. 137, febrero. pp. 41-43.
- Deo, Shripad et. al. (1989). "Agricultural biotechnology in India and Brazil creating new technological dependencies", en **International Journal of Contemporary Sociology.** Vol. 26. Núms. 3-4, julio-octubre.
- Diario Oficial (1990). **Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica (1990-1994).** jueves 8 de marzo.
- Douzou, Pierre (1986). **Las biotecnologías.** Ed. FCE. México.
- Eastmond, Amarela (1991). "Biotecnología y Agroecología: ¿paradigmas opuestos o complementarios?", ponencia dictada en el Seminario sobre efectos socioeconómicos de la Biotecnología en México. UNAM-UAM. 24 de septiembre.
- Escalante, Roberto y Teresa Rendón, (1988) "Neoliberalismo a la mexicana, su impacto sobre el sector agropecuario", en **Problemas del Desarrollo.** Vol. XIX. Núm. 75, octubre-diciembre. UNAM, México.

- Esteve, Gustavo (1978). "Optimización y estrategia agropecuaria: las peras del olmo, en *El Economista Mexicano*. Vol. XII. Núm. 5, septiembre-octubre. México.
- Excelsior (1991). "Transfirió la CNA 130 mil Has. a labriegos en 1990: Zazúeta", 29 de marzo.
- Expansión (1991). "Las 500 empresas más importantes de México". Agosto 21.
- Faweler, C., Lachkovics, et. al. (1988). "Bio-farms: The end of the end. Third world farmers and de new plant genetics", en *Development Dialogue*, núms. 1-2, Uppsála.
- Feder, Ernest (1976). "La pequeña revolución verde de McNamara. El proyecto del Banco Mundia para la eliminación del campesinado del Tercer Mundo", en *Comercio Exterior*. Julio. México.
- Feder, Ernest (1981). "Campesinistas y descampesinistas", en *Trimestre Económico*. Núm. 41. FCE, México.
- García, Antonio (1981). "Naturaleza y límites de la modernización capitalista de la agricultura", en *Trimestre Económico*. Núm. 41. FCE, México, pp. 9-79.
- Girón Hurtado, Elvia (1989). "Biotecnología alimentaria", en *Información Científica Tecnológica*. Vol. II. Núm. 154, julio. p. 32
- Goldstein, Daniel (1989). *Biotecnología, universidad y política*. Siglo XXI, México. 257 pp.
- González Rudo, Rebeca. "Aires de carnaval", en *La Jornada*, 4 de febrero de 1991.
- González, Oscar (1978). "Vida pasión y muerte del modelo de desarrollo agropecuario", en *El Economista Mexicano*. Vol. XII. Núm. 5, septiembre-octubre. México. 50-56 pp.
- González, R. L. y Quintero, R. "La biotecnología y sus impactos: el caso de los nuevos edulcorantes", en *Biotecnología y Empleo, Serie Revolución Tecnológica y empleo*. Núm. 2, México: STPS y OIT. pp. 57-69.
- Griffin, Keith (1974). *La economía política del cambio agrario*. FCE, México. 321 pp.
- Herrera, Juis (1990). "La biotecnología en la modernización agrícola", en Suárez, Blanca (coord.). *¿Biotecnología para el progreso de México?* Centro de Ecodesarrollo, México.

- Hewitt de Alcántara, Cynthia (1975). "La Revolución Verde como historia: la experiencia mexicana", en *Trimestre Económico*. Núm. 14, FCE, México.
- Hewitt de Alcántara, Cynthia (1978). *La modernización de la agricultura mexicana: 1940-1970*. Siglo XXI, México. 319 pp.
- Hobbelink, Henk (1987). *Más allá de la Revolución Verde. Las nuevas tecnologías genéticas para la agricultura ¿desafío o desastre?* LERNA-ICDA, Barcelona, España.
- Ibarra, Eduardo (1992). "Transformaciones recientes de la educación superior en México." Ponencia presentada en el III Coloquio Internacional del GREITD, Las Nuevas Políticas de Ajuste en América Latina. Chapala, Guadalajara, México, 24 al 27 de febrero.
- INTERFACE. *Ciencia Tecnología de Francia* (1989), Núm. 32, noviembre.
- Jiménez, Mercedes (1990). "La Fundación Rockefeller y la investigación agrícola en América Latina", en *Comercio Exterior*. Vol. 40. Núm. 10, octubre. México.
- Johnston, Bruce F. y Kilby, P. (1980). *Agricultura y transformación estructural*. FCE, México.
- Junne, Gerd (1990). "¿Desarrollo a través de la ciencia? Uso y riesgo de la Bio- y Genetecnología", en *Desarrollo y Cooperación*. Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional (DSE). pp. 4-7.
- Junne, Gerd y Roobek Annemieke "Social and economic impact of biotechnology", en *BIOFUTUR*, noviembre. Pp. 48-50
- Kamal, Baher (1990). "Las semillas de la discordia", en *Desarrollo y Cooperación*. Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional (DSE). pp.18-19.
- Kenney, Martin y Buttel, Frederick (1988). "Biotechnology: prospects and dilemmas for Third World Development", en *Development and Change*, SAGE. Vol. 6. Londres.
- Kato, Luis (1992). "El patrón potencial de difusión de la biotecnología en el sector petroquímico", en Casas, Rosalba; Chauvet, Michelle y Rodríguez, Dinah (Coords.) *La biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas*. UAM-UNAM. México.
- Knor, Pierre (1988). "Biotecnología de alimentos: su organización potencial", en *Pequeña y Mediana Industria*. Mayo-junio.

- La Jornada (1991). "CSG: el proyecto Vaquerías, largo paso a la autosuficiencia alimentaria". 29 de marzo. p. 3.
- Larbi, Mohamed. "Los bioplaguicidas en la ayuda de los cultivos", en *Mundo Científico*. Vol. 10. Núm. 108, diciembre. España.
- Lee, Harold H. y Tank, Frederick E. (1989). *The socioeconomic impact of agricultural biotechnology on less developed countries*. Working paper. World Employment Programme Research, January, U.S.A.
- Leva, José Angel (1989). "Bacterias mineras", en *Información Científica Tecnológica*. Vol. II. Núm. 154, julio. p. 35
- López, Agustín y Quintero, Rodolfo (1990). "Perspectivas internacionales de la biotecnología agrícola" en Suárez, Blanca (coord.) *¿Biotecnología para el progreso de México?* Centro de Ecodesarrollo, México.
- Lozoya, Héctor (1985). "Micropropagación vegetal", en *Ciencia y Desarrollo*. Año XI. Núm. 65, noviembre-diciembre. México.
- Lozoya, Héctor (1990). "Biotecnología vegetal en México: situación actual perspectivas", conferencia dictada el 25 de junio en la UAM-Azcapotzalco.
- Mandrujano, Nicolás (1989). "La política moderna en el desarrollo agrícola", en *Economía Informa*. Núm. 176, julio-agosto. México.
- Martínez Gómez, Francisco (1989). "Los recursos fitogenéticos mundiales. La razón de la polémica", en *Información Científica y Tecnológica*. Vol. 11. Núm. 150, marzo. pp. 24-28
- Massieu, Yolanda (1990). "Crisis agropecuaria, neoliberalismo y biotecnología", en *Sociológica*. Año 5. Núm. 13. mayo-agosto, UAM-A, México. pp. 99-124
- Massieu, Yolanda; Chauvet, Michelle; Castañeda, Yolanda y Barajas, Rosa Elvia (1991). "Aplicaciones de la biotecnología a la floricultura de México: efectos en el empleo", ponencia dictada en el Simposio Nacional sobre Efectos Socioeconómicos de la Biotecnología, UAM-UNAM, del 25 al 27 de noviembre, México. Ahora compilada en Casas, Rosalba; Chauvet, Michelle y Rodríguez, Dinah (Coords.) (1992). *La biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas*. UAM-UNAM, México.
- Mellor, Jhon W. (1989). "Expanding the Green Revolution", en *Issues in Science and Technology*, Fall. pp. 66-74.

- Mestries, Francis (1990). "Los posibles impactos de la biotecnología en la agricultura mexicana", en *Sociológica*. Año 5. Núm. 13. mayo-agosto, UAM-A, México. pp. 59-98.
- Monro H., Oscar (Comp.) (1981). *Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos*. A.G.T. Editor, S.A., México, 260 pp.
- Oasa, Edmund y Jennings, Bruce (1982). "La naturaleza de la investigación social en la agricultura internacional: la experiencia norteamericana, el IRRI y el CIMMIT", en *Trimestre Económico*. Vol. XLIX. Núm. 196, octubre-diciembre. México
- Paré, Luisa (1976). "Revoluciones verdes para espantar revoluciones rojas", en *Cuadernos Agrarios*. Núms. 1-5.
- Pasquis, Richard Georges (1989). "Granos básicos", en *Interface. Ciencia y Tecnología de Francia*. Núm. 32, noviembre. pp. 19-22.
- Pearse, Andrew (1982). "Un resumen de las consecuencias sociales de la Revolución Verde", en *Comercio Exterior*. Vol 32. Núm. 4, abril. México.
- Pecujlic, Miroslav; Abdel-Malek y Blue, Gregory (1982). *La transformación del Mundo, I Ciencia y Tecnología*. Siglo XIX, México. 276 pp.
- Pérez, C. (1986). "Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto", en Ominami, C. (Comp) *La Tercera Revolución Industrial. Impactos internacionales del actual viraje*. Grupo Editor Latinoamericano. Buenos Aires, Argentina.
- PNUMA (1989). "Diversidad biológica". *Reseña del PNUMA*.
- Prentis, Steve (1986). *Biotecnología*. Ed. Salvat. Barcelona, España.
- Robles, Rosario (1988). "Estructura de la producción y cultivos. 1950-1960", en *Historia de la cuestión agraria mexicana. La época de oro y el principio de la crisis de la agricultura mexicana. 1950-1970*. Siglo XXI, México.
- Robles, Rosario y Moguel, Julio (1990). "Agricultura y proyecto neoliberal", en *El Cotidiano*. Núm. 34, marzo-abril, UAM-A, México.
- Rocha, Mario y De Las Peñas Nava, Alejandro (1990). "La fijación del nitrógeno", en *Investigación Científica y Tecnológica*, Vol. 12. Núms. 166-167, julio-agosto. pp. 78-82.

- Rodríguez, Luis y Román, José (1990). "El gasto en ciencia y tecnología equivalente al costo de 3 aviones", en *La Jornada*, viernes 22 de junio.
- Sasson, Albert (1987). "Biotecnología y bioindustria", en *Mundo Científico*. Vol. 7. Núm. 71. España.
- Schumacher, E.F. (1983). *Lo pequeño es hermoso*. Ed Orbis. Barcelona, España.
- SECOFI (1991). *Ley de Fomento y Protección de la Propiedad Industrial*. México. Pp.56.
- SPP (1982). *Análisis espectativas de la Biotecnología en México*. Tomo I. Subsecretaría de Programación. Dirección General de Análisis de Ramas Económicas. UNAM-PUAL, noviembre.
- UNCTAD y ONUDI (1991). *Aspectos comerciales y de desarrollo y consecuencias de las tecnologías nuevas e incipientes: el caso de la Biotecnología*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. 11 de marzo.
- UNESCO (1982). *Repercusiones sociales de la revolución científica y tecnológica*. Ed. Tecnos, Madrid.1
- Vega, F y Trujillo Arriaga, Javier (1989). "Biotecnología agrícola, espejo de la Revolución Verde", en *Comercio Exterior*. Vol. 39. Núm. 11.
- Yoxen, Edward (1987). *El impacto de la biotecnología en las condiciones de vida y trabajo*. Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo. Luxemburgo.
- Zurita, Mario (1990). "Animales transgénicos", en *Investigación Científica y Tecnológica (ICYT)*. Vol. 12. Núms. 166-167. pp. 61 - 65.S